П.А. Верник

Программно-управляемые сетевые устройства на базе технологии Big Data – как приоритетное направление развития мировой электроники

Рекомендуемая форма библиографической ссылки

Верник П.А. Программно-управляемые сетевые устройства на базе технологии Big Data – как приоритетное направление развития мировой электроники // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 4-й Международной конференции (4-5 февраля 2021 г., Москва). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2021. — С. 124-138. — <https://keldysh.ru/future/2021/11.pdf> <https://doi.org/10.20948/future-2021-11>

Размещено также [видео выступления](#)

Программно-управляемые сетевые устройства на базе технологии Big Data – как приоритетное направление развития мировой электроники

П.А. Верник

АНО «Институт стратегий развития»

Аннотация. Переход к шестому технологическому укладу обуславливает необходимость пересмотра подходов к построению систем управления во всех отраслях экономики. В статье рассматривается перспективное направление развития мировой электроники, в основу которого положен новый подход к построению системы программного адаптивного управления интегрированными сетевыми устройствами с применением цифровых технологий, таких как большие данные, искусственный интеллект, облачные вычисления.

Ключевые слова: большие данные, искусственный интеллект, облачные технологии, сетевые устройства, программное управление, синерготрон

Program controlled network devices based on Big Data technology as a priority direction for the development of global electronics

P.A. Vernik

INPO “Institute for Development Strategies”

Abstract. The transition to the sixth techno-economic paradigm requires a revision of approaches to the construction of management systems in all sectors of the economy. The article considers a promising direction of the world electronics development, which is based on a new approach to composition of program adaptive control system of integrated network devices using digital technologies, such as Big Data, artificial intelligence, cloud computing.

Keywords: Big Data, artificial intelligence, cloud technologies, network devices, program control, synergotron

Интенсивное развитие науки и техники определило неизбежность перехода человечества на качественно новый этап развития, лейтмотивом

4. Технологические перспективы цифрового мира

которого является глобальная всепроникающая цифровизация. По оценкам экспертов в ближайшем будущем 90% населения Земли будем иметь регулярный доступ к сети Интернет с возможностью неограниченного и бесплатного хранения данных [1].

Рис. 1. Смена логики социального поведения

На рис. 1 отражено соотношение времени смены человеческих поколений и смены господствующих технологий. С середины прошлого века такт поколений (примерно 25 лет), значительно превосходит постоянно сокращающийся такт господствующих технологий. Происходит экспоненциальный рост скорости физического перемещения, скорости получения, передачи и обработки информации, объемов накопления данных. Складывается ситуация, при которой внутри одного поколения необходимо успевать переучиваться и овладевать принципиально новыми навыками, в течение жизни современный человек наблюдает смену нескольких поколений технологий. В связи с этим представляется интересным установление взаимосвязи развития технологий и человечества в разные времена.

В целях наглядной оценки взаимного влияния человека и техники с помощью графика проведем укрупненное сравнение изменения численности населения Земли и роста сетевой электронной техники (рис. 2). Примечательна синхронизация по времени процессов замедления роста населения Земли и наращивания количества сетевых устройств. Предел коммуникаций людей, приходящийся на 1960-70-е гг., определил возникновение

сетевого компьютера, а создание первой компьютерной сети положило начало замедлению роста народонаселения.

Рис. 2. Сравнение численности населения и сетевых устройств

Ретроспективный анализ хода развития человечества показывает, что полученные знания трансформируются человеком в технологии, которые обычно применяются для выживания, освоения и обустройства территорий, развития техники (снижающей долю физического труда) и экономики в целом [2]. На протяжении своей истории человечество создавало для себя условия, направленные на сохранение и продолжение жизни. Согласно исследованиям С.П. Капицы, человечество, создав свою окружающую среду, отделилось от остальной биосферы. Дикие животные, занимая ограниченный ареал, имеют предел своей линейно увеличивающейся численности, численность же людей на сопоставимом ареале превышает сравнимых по размерам и питанию животных в сто тысяч раз [3]. Эмпирический закон, открытый Хайнцем фон Фёрстером в 1960 г., гласит о возможности бесконечного гиперболического роста численности населения Земли.

С точки зрения кибернетики, гиперболический рост численности населения происходит благодаря разветвленным межчеловеческим коммуникациям, имеющим сетевой принцип построения. Сетевой принцип, функционирующий на всех уровнях организации биологических систем от клеточных до социальных (А.В. Олескин. Сетевые структуры в биосистемах // Журнал общей биологии. 2013. Т.74, №2, с.112–138), нашел отражение и при построении современных компьютерных сетей. Рост народонаселения, по мнению С.П. Капицы, пропорционален информационному взаимодействию всех людей, которое математически выражается в виде квадратичной зависимости от их общего числа [3]. Так происходит, потому что рост народонаселения зависит и от увеличения количества людей, и от увеличения количества взаимосвязей между ними.

4. Технологические перспективы цифрового мира

В 1960-х гг. численность населения Земли прошла точку перегиба, изменилась тенденция роста. По разным оценкам и прогнозам численность населения уже в обозримой перспективе, может продолжить свой рост по какой-либо иной функции, либо резко сократиться. Согласно статистическому прогнозу ООН, человечество стабильно растет и к 2050 г. достигнет значения 10,1 млрд человек [4]. Однако в последнее десятилетие в научных кругах обсуждается идея о неминуемом сокращении человечества [5,6,7].

Рис. 3. Население мира в зависимости от рождаемости при предполагаемой продолжительности жизни 90 лет [6]

Рис. 4. Прогноз общей рождаемости по данным ООН на 2019 г. [3]

Рис. 5. Производительность сверхмощных компьютеров [8]

Рис. 6. Закон Мура – число транзисторов в интегральной схеме удваивается примерно каждые два года (слева в авторском варианте 1965 г., справа – согласно исследованиям по состоянию на 2015 г.) [9]

Более глубокий анализ демографической ситуации, сопоставление графиков численности населения и тенденций развития технологий приводит к появлению вопросов о взаимозависимости и главенствующей роли в паре «человек – технология», о возможности появления новых типов людей, о разделении людей на части: идущих в ноосферу и в техносферу. Поиск ответов на данные вопросы представляет особый интерес, но выходит за рамки тематики настоящей статьи и требует отдельного детального исследования.

Для выявления наиболее перспективных и востребованных в будущем технических решений, способных в полной мере соответствовать и удовлетворять требованиям цифровой эпохи, необходимо рассмотреть

4. Технологические перспективы цифрового мира

тенденции развития отдельных областей современной электроники и сопряженных информационных технологий.

По результатам рассмотрения представленных графиков, можно утверждать, что цифровая электроника, являющаяся основой для реализации информационных технологий, развивается такими темпами, при которых современные ее образцы могут превосходить начальные в миллионы раз по скорости передачи, обработки и возможности хранения информации.

В системе сетевого взаимодействия электронных устройств наряду с оцифрованной информацией, производимой человеком, основным источником, генерирующим данные, являются датчики. Структура применяемых в настоящее время датчиков приведена на рис. 8.

Рис. 7. Закон Кека – количество битов в секунду, которые могут быть переданы в новом оптическом волокне [10]

Рис. 8. Структура применяемых в настоящее время датчиков

Если по оценкам академика РАН И.А. Каляева на начало 2017 г. к Интернету было подключено около 8,5 млрд компьютерных устройств [11], то на сегодняшний день, по данным компании Cisco, количество сетевых электронных устройств превышает 50 млрд ед., включающих в себя стационарные и портативные компьютеры, «умные» устройства, элементы интеллектуальной городской инфраструктуры, энергетики и многое другое.

Согласно исследованиям Корпоративного университета «Сбербанка» [12], повсеместное распространение технологий и беспрепятственный доступ к сети Интернет привели к взрывному росту объемов генерируемых данных. К 2017 г. в мире накопилось 16 Збайт данных, а к 2025 г. этот показатель увеличится до 163 Збайт (рис. 9). При этом 90% данных были созданы за последние 2 года, с 2010 по 2020 гг., данные показали 50-тикратный рост. Следует отметить, что если в настоящее время установился паритет, то уже в ближайшее время большая часть данных станет не антропогенной, а будет сгенерирована различного рода устройствами в ходе их взаимодействия друг с другом и сетями данных (например, сенсорами, смартфонами, устройствами радиочастотной идентификации (RFID), спутниковыми системами навигации типа ГЛОНАСС или GPS и т.д.) [13].

4. Технологические перспективы цифрового мира

Рис. 9. Рост цифровых данных в мире [12]

В современной практике для обозначения совокупного массива данных введено понятие «Большие данные» (Big Data). Несмотря на широкое применение понятия «Большие данные», в том числе в научной литературе и цифровой индустрии, конкретное общепринятое определение его отсутствует. Распространенным является раскрытие понятия «Большие данные» посредством указания проблем, возникающих при обработке информации, так «Большие данные» определяется посредством указания следующих характеристик: 1) большого объема, 2) разнообразия данных, 3) высокой скорости их изменения [13]. Вместе с тем не устанавливаются пороговые значения объемов данных, при которых они становятся «Большими данными». Существующие определения понятия «Большие данные», в основном, базируются на эмоциональном подчеркивании объема данных неопределенно большой величины.

По нашему мнению, «Большие данные» необходимо рассматривать концептуально как феномен, как некоторую «точку перехода», после которой люди перестают иметь возможность осознавать, контролировать и обрабатывать данные. С данной точки зрения для определения понятия «Большие данные» не имеет принципиального значение указание на технологии и технику, используемые для их обработки. Для придания «Большим данным» конкретных измеримых численных параметров необходимо составить модель и вывести соответствующие формулы.

Несмотря на высокий потенциал человеческого мозга [11], когнитивные возможности усредненного современного человека позволяют ему работать с относительно ограниченным набором данных и проводить несложные вычисления. Для ускорения проведения вычислительных операций, с одной стороны, и возможности проведения более сложных вычис-

лений с другой, человек в ходе своего развития внедрял различные вычислительные устройства: счеты, логарифмическую линейку, арифмометр, калькулятор, компьютер.

Применение самого прогрессивного на данный момент вычислительного устройства – компьютера, ограничивается восприятием самого человека. Возможности современных компьютеров значительно превосходят возможности людей. Человек может дискретно вводить отдельные данные, например, в программе Excel, которые накапливаются и обрабатываются компьютером, однако с определенного момента человек не в состоянии оперировать с собственноручно созданным массивом. Для упрощения осознания появляется необходимость визуализации – построения графиков, которые, в силу отсутствия у человека возможности трехмерного мышления, являются двухмерным (как максимум 2,5-мерным – с возможностью незначительного отклонения по третьей оси).

Для работы с многомерными наборами данных, которые могут иметь не только антропогенный характер, создается программное обеспечение, способное обработать такие массивы и по результатам обработки выдать результат в виде, пригодном для понимания человека. Уже на этом этапе большинство людей не способны осознать и воспроизвести алгоритмы, по которым работает вычислительная программа. В дальнейшем развитии ситуации при росте объемов данных и вычислительных мощностей люди не в состоянии контролировать и понимать процесс обработки, что приводит к необходимости создания самообучающихся программ. Несмотря на то, что человек явился создателем первых вычислительных программ, со временем увеличивается разрыв между возможностями программного обеспечения и возможностями человека по контролю и осознанию способов работы компьютерных программ [14,15,16]. В момент, когда человек перестаёт осознавать, контролировать и обрабатывать данные, передавая эти функции компьютерной программе, в этот момент данные становятся «Большими данными».

С точки зрения развития компьютерной техники и программного обеспечения точкой бифуркации стал 2015 г., когда программа Alpha Go обыграла чемпиона мира по игре го Фань Хуэя (число позиций в го в 10^{100} раз больше, чем в шахматах). В данном случае победу одержала самообучающаяся программа, основанная на принципах машинного обучения и практически не использующая (в отличие от шахматных программ) ни алгоритмов, ни оценочных функций [17].

Видится некорректной существующая точка зрения о начале отсчета побед машин в борьбе человеческого и искусственного интеллекта с 1997 г., когда суперкомпьютер Deep Blue выиграл матч из 6 партий у чемпиона мира по шахматам Г.К. Каспарова. Программная часть Deep Blue была основана на алгоритмах, оценочных функциях и базах данных игр

4. Технологические перспективы цифрового мира

гроссмейстеров (т.е. людей), соответственно победу суперкомпьютера можно считать победой человеческого интеллекта.

Развитие возможностей программного обеспечения неразрывно связано и прямо пропорционально росту производительности компьютерной техники. Есть мнение, что закон Мура в исходной формулировке постепенно теряет свою актуальность, с одной стороны, в силу приближения к пределам действующих технологий [18], с другой стороны, ввиду повышения значимости интегральной вычислительной способности объединенных устройств, а не производительности отдельного процессора. Сетевое объединение все большего числа устройств, обладающих собственным локальным интеллектом, дает начало формированию эмерджентного интеллекта (интеллекта роя, интеллектуального резонанса) [11].

В данном контексте необходимо подробно рассмотреть универсальную **структуру условного сетевого устройства, в общем случае состоящего из датчиков, исполнительного контроллера и исполнительных механизмов**. Как указывалось ранее, на настоящий момент при построении электронной техники применяется более 10 типов цифровых и аналоговых датчиков для всестороннего получения разнородных данных с высокой точностью. Полнота получаемых от датчиков данных определяет возможность организации сетевого управления. Цифровые технологии вытесняют жестко алгоритмизированную автоматику, являющуюся продуктом второй промышленной революции XIX в. Для дальнейшей эволюции простейшего электронного устройства, например, утюга и перехода его в систему сетевого управления, необходимо заменить автоматическую часть – биметаллическую пластину на датчик температуры, сопряженный с исполнительным механизмом, подключающим напряжение. Сопряжение датчика и исполнительного механизма осуществляется посредством исполнительного контроллера, подключенного к вычислительной сети.

Предлагаемая схема системы адаптивного программного управления сетевыми устройствами представлена на рис. 10.

Рис. 10. Схема системы адаптивного программного управления сетевыми устройствами

Приведенная схема раскрывает важнейший смысл «Больших данных», имеющий физическую основу. В данном случае «Большие данные» являются массивом данных, имеющим следующие характеристики:

- создается датчиками сетевых устройств;
- хранится и обрабатывается в облаке;
- обрабатывается самообучающимися программами без участия человека;
- является источником для управляющих команд и инструкций, возвращаемых из облака на конкретное сетевое устройство.

Необходимо отметить, что наличие в каждом сетевом устройстве локального, в некотором смысле промежуточного, исполнительного контроллера является обязательным условием надлежащего функционирования системы. С одной стороны, в сетевом устройстве недопустима автоматика, с другой стороны, непосредственное облачное управление (без локального контроллера) исполнительными механизмами не может гарантировать бесперебойность и непрерывность. Сетевое взаимодействие устройств имеет сходство с работой организма человека, регуляцией его систем. При этом можно выдвинуть гипотезу, что человеческий мозг со средней скоростью электрохимических импульсов между нейронами, равной не многим более 50 м/с, скорее, является средством отображения информации, а не средством ее продуцирования и расчёта. Для сравнения, скорость прохождения электрического импульса в проводнике – 300 000 км/с.

4. Технологические перспективы цифрового мира

Несмотря на доступную для понимания логику схемы системы адаптивного программного управления сетевыми устройствами, она мало исследована и пока не нашла широкого практического применения. Примеры реализации систем, построенных по такой схеме, единичны.

Институт стратегий развития в 2014 г. в инициативном порядке разработал и применил для проведения научных исследований закрытую систему для выращивания биологических объектов – синерготрон. Синерготрон реализован без применения автоматики по описанной ранее схеме, включающей датчики, исполнительный контроллер, исполнительные механизмы, облачную систему хранения и обработки информации. Синерготрон обеспечивает возможность создания научной социальной сети, благодаря которой ученые могут проводить совместные исследования независимо от местонахождения. При этом один ученый может одновременно проводить исследования на синерготронах, находящихся в любых точках Земли, и наоборот, несколько ученых из разных стран могут проводить совместный эксперимент на одном синерготроне [19].

Рис. 11. Схема построения системы программно-управляемых сетевых устройств – синерготрон

Принципиальное значение для работы синерготрона имеет специально разработанный единый язык описания внутренних и внешних процессов культивирования биологических объектов, предназначенный для управления устройством, передачи и накопления информации [20]. Единый язык упрощает обмен информацией о результатах экспериментов раз-

ными исследователями мира и позволяет формировать международные научные коллективы.

Управление процессом и отображение информации производится через компьютеры, ноутбуки, планшеты, смартфоны и др. Непрофессиональное использование синерготрона не требует от пользователя специальной подготовки и дополнительного обучения.

Схема построения системы программно-управляемых сетевых устройства – синерготрон, приведена на рис. 11.

Следует рассмотреть синерготрон как генератор данных. В составе синерготрона может быть примерно до 500 датчиков более чем 30 видов. Один синерготрон генерирует 1 Гб информации каждые 5 минут, 1000 синерготронов, объединенных в сеть, генерирует «Большие данные» 100 петабайт информации в год. Под адаптивным управлением в каждом синерготроне находятся более ста исполнительных механизмов. Соответственно, работа с такими массивами данных, «Больших данных», возможна исключительно с применением самообучающихся программ, нейронных сетей и искусственного интеллекта. Анализ «Больших данных», выполняемый с помощью компьютерных программ, позволяет установить корреляцию между параметрами, недоступную человеческому пониманию.

Значимость «Больших данных» в социальном аспекте крайне недооценена. Вместе с тем, несмотря на весьма ограниченное применение в глобальных целях, технологии на основе «Больших данных» уже внесли вклад в формирование новейшей истории, повлияв на итоги референдума о выходе Великобритании из ЕС и на результаты президентских выборов 2016 г. в США [21].

Подводя итоги, необходимо отметить, что в нынешний цифровой век, характеризующийся экстремальными скоростями создания, передачи, обработки и потребления данных, человеком разрабатываются и внедряются в повседневную жизнь электронные устройства, которые благодаря локальному интеллекту и сетевому взаимодействию формируют принципиально новый тип систем, опирающихся, в свою очередь, на рукотворные и пока подконтрольные человеку программные средства и технологии: «Большие данные», искусственный интеллект, облачные вычисления. Научно-технический прогресс ведет человечество в мир роботов, ботов, цифровых двойников и аккаунтов, оставляя все меньшее место для физического тела и человеческой деятельности на Земле. Анализ дальнейшего сосуществования людей и сетевых машин ставит перед нами массу новых вопросов, подавляющая часть которых носит глубоко философский характер.

4. Технологические перспективы цифрового мира

Литература

1. *Иванов В.В., Малинецкий Г.Г.* Цифровая экономика: от теории к практике // Инновации, 2017. № 12.
2. *Иванов В.В.* Гуманитарно-технологическая революция как глобальный вызов // Проектирование цифрового будущего. Научные подходы. Коллективная монография/ Под ред. Г.Г.Малинецкого, В.В.Иванова, П.А.Верника. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. С.40-44.
3. *Капица С.П.* Модель роста населения земли и предвидимое будущее цивилизации // Мир России, 2002, №3, с.22-43.
4. ООН. Перспектива населения Земли 2019. Мир: общая рождаемость – URL: <https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900>
5. *Vollset S.E, Goren E., Yuan C.-W., Cao J., Smith A.E, et al.* Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: A forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study // Lancet, 2020. N396, p.1285-1306.
6. *Basten S., Lutz W., Scherbov S.* Very long range global population scenarios to 2300 and the implications of sustained low fertility // Demographic Research, 2013. N28, p.1145-1166.
7. *Ахромеева Т.С., Малинецкий Г.Г., Посаилов С.А.* Равенство и глобальная память в контексте универсального эволюционизма // Историческая экспертиза, 2017, №2, с.26-40.
8. Бостром Н. Искусственный интеллект. Этапы. Угрозы. Стратегии. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016.
9. *Moore G.E.* Cramming more components onto integrated circuits // Electronics, 1965. N8.
10. *Hecht J.* Is Keck's law coming to an end? // IEEE Spectrum, 2016. – URL: <https://spectrum.ieee.org/semiconductors/optoelectronics/is-kecks-law-coming-to-an-end>
11. *Каляев И.А.* Искусственный интеллект: Камо грядеши? // Экономические стратегии, 2019, №5, с.6-15.
12. Обучение цифровым навыкам: глобальные вызовы и передовые практики. Аналитический отчет. – М.: АНО ДПО «Корпоративный университет Сбербанка», 2018. – 136 с.
13. *Савельев А.И.* Проблемы применения законодательства о персональных данных в эпоху «больших данных» (big data) // Право. Журнал Высшей школы экономики, 2015, №1, с.43-67.
14. *Gershgorn D.* AI is now so complex its creators can't trust why it makes decisions // Quartz, 2017. – URL: <https://qz.com/1146753/ai-is-now-so-complex-its-creators-cant-trust-why-it-makes-decisions/>
15. *Knight W.* The Dark Secret at the Heart of AI // MIT Technology Review, 2017. – URL: <https://www.technologyreview.com/2017/04/11/5113/the-dark-secret-at-the-heart-of-ai/>

16. *Lehnis M.* Can we trust AI if we don't know how it works? // BBC News, 2018. – URL: <https://www.bbc.com/news/business-44466213>
17. AlphaGo статья в Wikipedia. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/AlphaGo>
18. *Каку М.* Искусственный интеллект превратит нас в волшебников // «Кот Шрёдингера», 2020. – URL: <https://rg.ru/2020/11/20/mitio-kaku-iskusstvennyj-intellekt-prevratit-nas-v-volshebnikov.html>
19. *Бандурин В.В., Верник П.А., Коршук В.А.* Цифровая трансформация системы продовольственного обеспечения городского населения // Проектирование цифрового будущего. Научные подходы. Коллективная монография. Под ред. Г.Г. Малинецкого, В.В. Иванова, П.А. Верника. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. С.305-317.
20. *Верник П.А., Бандурин В.В., Латушкин В.В., Коршук В.А.* Анализ мирового опыта использования агробиотехносистем для производства продукции растениеводства // Жизненный цикл и экология растений: регуляция и управление средой обитания в агробиотехносистемах. Сборник научных трудов. Вып. 1. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2018. С.19-30.
21. *Меньшиков П.В.* Big data и предвыборная кампания Д.Трампа // Портал МГИМО, 2017 – URL: <https://mgimo.ru/about/news/experts/big-data-i-predvybornaya-kampaniya-trampa/>