



Возвращение АВМ (АВМ – Аналоговая Вычислительная Машина)

Обзоры (https://itc.ua/review_cat/) 29.04.2009 в 08:00



(<https://itc.ua/author/itc/>) автор

Несмотря на легкость шаловливых перьев недобросовестных журналистов, далеко не все крупные научные проекты с таким же успехом пугают обывателя, как БАК (большой адронный коллайдер), от запуска которого ожидается черная дыра и вытекающее (точнее, втекающее в нее раз и навсегда) разрешение всех кризисов и проблем. А это не может не радовать (что именно – выбирать читателю).

Автора же статьи радует именно «незапуганность» читателя. Потому что мы будем говорить о проекте, который потенциально не просто не меньше знаменитого БАК, но и, напротив, в каком-то смысле масштабнее. БАК – это продукт разума, созданный с целью получения для него новой «пищи» – данных, на основании которых будут получены новые знания об окружающем нас мире. А вот проект FACETS ставит перед собой задачи даже более амбициозные. Потому что в нем объектом анализа и синтеза является... собственно разум. Только не спешите брезгливо вспоминать дискредитировавший себя сотнями тонн околonaучной макулатуры термин «искусственный интеллект» (ИИ). Ни о чем подобном речь идти не будет. Больше ни слова об экспертных системах и программах на Prolog. Почти никаких атрибутов принадлежности к цеху «классического машинного ИИ» не будет. Ученые, вовлеченные в проект FACETS, решили не спорить ни с Творцом, ни с Эволюцией (кому как нравится), а тщательно изучить то, благодаря чему, собственно говоря, мы способны к познанию окружающего мира. И еще одно предупреждение – не спешите думать, что речь идет о чем-то «очень бумажном». Проект FACETS уже показал более чем впечатляющие результаты. Скажем так, для четырехлетней работы сравнительно компактного интернационального научного коллектива результаты достигнуты не просто впечатляющие, а даже вовсе неожиданные. Впрочем, по порядку.

Уже само название FACETS (Fast Analog Computing with Emergent Transient States, техника быстрых аналоговых вычислений с медленно изменяющимися переходными процессами) говорит о том, что мы вторгаемся в область, одновременно и непосредственно относящуюся к наукам о вычислениях (computing), и безгранично далекую от де-факто стандартной «классической» цифровой вычислительной техники.

Во-первых, мы вступаем в мир аналоговых вычислителей. О них сейчас почти забыли, и фактически по одной единственной причине – с тех пор как производительность (имеющая непосредственное отношение к количественному анализу) цифровых машин и пригодность к повторному использованию библиотек научных программ стали достаточными для быстрого и удобного решения сложных задач качественного анализа, интерес к аналоговым вычислениям угас. Иными словами – если вы можете быстро и с небольшими затратами построить вычислительную модель достаточно сложной системы и рассчитать ее с помощью универсального цифрового компьютера, вам нет нужды практически собирать новый аналоговый вычислитель для решения этой задачи. Кроме того, вы выигрываете в точности (если, конечно, используемые методы вычислений обеспечивают выигрыш или вообще приемлемый результат). В общем, аналоговые вычислители стали на какое-то время предметом, представляющим интерес разве что для стареющих маргиналов-энтузиастов. Хотя вполне очевидная цепочка рассуждений приводила к весьма убедительному выводу – аналоговым вычислениям еще предстоит сказать свое слово в компьютеринге. Логика, стоящая за этим утверждением, проста – потребности в системах, обладающих тем, что мы условно называем «интеллектом», никто не отменял, но все попытки создания искусственного интеллекта на основе цифровой вычислительной техники не просто оказались тщетными, но, скорее всего, будут тщетными и впредь, потому как «вычислители» живых интеллектуальных машин (которыми являемся мы с вами) ничего

общего, хоть бы и отдаленно, с нашими двоичными цифровыми машинами и потугами любого их детерминированного программирования не имеют. Достаточно того, что мы знаем точно, что наш мозг не является цифровой вычислительной машиной (ЦВМ), чтобы понимать – моделировать то, чем он является с помощью ЦВМ, – далекий не только от оптимальности, а, вероятно, и от разумности, путь. И движению по этому пути ничуть не помогает тот факт, что «закон» Мура (все-таки лучше говорить о нем как об эмпирическом правиле) до сих пор «работает» и количество транзисторов в микросхемах увеличивается, а это дает возможность строить из них все более сложные цифровые машины.

Во-вторых, мы вторгаемся в область слабо детерминированных (или вообще недетерминированных) архитектур. Речь идет об архитектурах машин, с помощью которых предпринимались попытки решения задач искусственного интеллекта. Всегда, хоть бы мы говорили и о массово-параллельных вычислителях, это были системы с четко определенной архитектурой, что означает – и их создатели, и их пользователи (в том числе и использующие возможности архитектуры программы) четко знали назначение любого (и каждого) узла и подсистемы. Центральные процессоры, память разных уровней, контроллеры ввода-вывода и обмена данными – все это в мельчайших деталях специфицировано, а поведение до тончайших нюансов известно. И если в работе чего-то наблюдается несоответствие с начальными спецификациями, это что-то считается неисправным.

В-третьих, мы говорим не о проекте – «заговоре одиночек», и вовсе уж не о явлении из мира сугубо «computer science». Консорциум FACETS включает 15 университетов и институтов шести стран Евросоюза и Великобритании. И что самое главное – даже для наших времен этот проект удивляет принципиально междисциплинарным характером. Дело в том, что исследовательские коллективы проекта иногда ставят перед собой задачи, по большому счету... чуть ли не противоречащие целям организации, в которую они входят. Это может показаться странным, на самом же деле это – святая святых классической системы академической науки. Скажем, если специалисты, изучающие нейроструктуры мозга, принципиально отказываются от каких-либо попыток синтеза электронных эквивалентов изученных структур, это не просто неплохо. Это в каком-то смысле даже замечательно. Равно как и то, что в рамках проекта электронщики, грубо говоря, не «лезут паяльниками» в такую сложную и одновременно тонкую структуру, как мозг.

Укрупненную модель проектной системы FACETS можно описать четырьмя фундаментальными задачами, решение каждой из которых представляет самостоятельный интерес и ценность для науки и инженерии. Первая и наиболее важная из них – изучение работы живого нейрона как в естественной биологической нейросети (in vivo), так и изолированного, при искусственных воздействиях (in vitro), а также создание базы данных, необходимых для описания характеристик нейрона и его моделирования. Вторая – построение на основе полученных данных цифровых моделей нейрона, масштабных нейронных сетей, а также изучение их поведения при исполнении ресурсами суперкомпьютеров. Третья – на основе полученных при решении первой и второй задач результатов, разработка аппаратных средств, позволяющих строить искусственные нейронные сети масштабов, приближенных к природным прообразам. Что означает: речь идет о гипервысокой степени интеграции, немыслимой для традиционных цифровых схем. И наконец, четвертая задача – отработка новой модели вычислений, основанной на созданных архитектурах нейросетей гипербольших масштабов.

Теперь наконец можно сказать, и о каких именно масштабах идет речь. Микросхемы, моделирующие нейронные сети, на самом деле не новинка и не экзотика. Но «size is matter», и одно дело – чип с десятком искусственных нейронов, и совсем другое – текущая разработка FACETS, аппаратный фрагмент нейросети, содержащей 200 тыс. (!) нейронов и 50 млн (!) синапсов-коммутаторов, позволяющих динамически изменять структуру сети. И это не фантастика – это техника сегодняшнего дня. Да, на фоне масштабов человеческого мозга эти цифры кажутся скромными (10–20 млрд против 200 тыс.), но... Скачок на четыре порядка всего за четыре года (от пары десятков нейронов до 200 тыс.) – очень впечатляющий показатель. И если результаты этого этапа проекта FACETS окажутся удовлетворительными, вполне возможно, что мы застанем появление совершенно иных машин. Биологический уровень сложности и электронное быстроедействие не могут не привести к проявлению каких-то дополнительных, синергетических эффектов, о

которых еще слишком рано говорить. Эти эффекты тем более возможны, если учесть порядки цифр – аналогово-цифровые нейронные сети FACETS «скорострельнее» своих биологических прототипов в сто тысяч, а классических сугубо цифровых искусственных нейронных сетей – в десятки миллионов раз.

Нейрон крысы на фоне топологии микросхемы

На самом деле масштаб нейровычислителей современного поколения уже никак нельзя назвать игрушечным. Особенно если учесть факты, что современные теории строения мозга выделяют в его коре весьма специфические структуры, содержащие порядка сотен сильносвязанных между собой однотипных нейронов (так называемые модули коры), объединения сотен таких структур (гипермодули) и что удаленные на расстояние свыше долей миллиметра (от двух десятых до пяти десятых) нейроны практически не способны получать одни и те же возбуждающие сигналы. Иными словами, нынешний нейровычислитель проекта FACETS в каком-то смысле эквивалентен (не будем вдаваться в сложности понятия «эквивалентность») биологическому гипермодулю коры головного мозга. Это уже очень далеко от первых простейших программных моделей примитивных нейронов.

В силу специфики нашего журнала мы принципиально проигнорируем пусть очень интересные, но непозволительно сложные нейрофизиологические аспекты проекта FACETS. Достаточно сказать лишь, что изучение нейронных систем, созданных природой, – до сих пор область, где много экспериментальных данных, полученных на самых разных уровнях исследований, но нет не просто «озарения», позволяющего связать разрозненную информацию воедино, а даже уверенности, что такое вообще возможно (например, многим ученым кажутся бесперспективными попытки связывать структуру нейронных сетей с реализуемыми ими функциями). Но игнорировать технологические результаты проекта мы не можем. Тем более что они впечатляющие.

Во-первых, в рамках FACETS отрабатывается... совершенно бесполезная для реализации детерминированных цифровых однокристалльных схем технология «интеграции на уровне кремниевой пластины». Речь фактически идет об «очень большой микросхеме», помещающейся на 20-сантиметровой неразрезанной кремниевой заготовке. При изготовлении традиционных цифровых схем микросхема такого размера была бы гарантированно неработоспособной из-за изобилия дефектов. Аналогово-цифровой вычислитель FACETS, в свою очередь, несмотря на дефекты кристалла, работоспособности гарантированно же не утратит, так как его архитектура аморфна, и даже если некоторые «нейроны» и связи между ними окажутся неработоспособными, принципиально помешать функционированию всей сети в целом это не сможет.

Во-вторых, сама аналогово-цифровая модель вычислителя – идея очень красивая и очевидно небесполезная. В ней вычислительная часть, реализующая алгоритмику работы нейрона, выполнена по технологии 50-х годов – фактически с помощью многоходовых усилителей с обратными связями. Все дело в том, что обратные связи могут быть нелинейными и при этом схема будет «вычислять» – обрабатывать сигналы – на лету, по мере их изменения на входах. Никаких итеративных вычислительных процессов, никакой оценки сходимости применяемых методов, никаких приближений – изменения сигналов приводят к изменению результата в реальном времени. А вот для соединения таких обрабатывающих аналоговых модулей между собой используется вполне традиционно коммутируемая сеть передачи сигналов. Более того, аналоговый тракт каждого «нейрона» является даже больше функциональным вычислителем, чем привычной аналоговой схемой. Функциональные вычислители – нечасто упоминаемые в современном компьютерном мире устройства. При этом свое дело они делают. Например, функциональный вычислитель, решающий простое дифференциальное уравнение $x = a \times dy/dt$, – это обычный конденсатор. В данном случае его функциональность используется как механизм расчета – достаточно присоединить конденсатор к источнику переменного напряжения, закон изменения которого описывается функцией $y(t)$, и измерять ток в получившейся цепи – уравнение решено. В основе прототипов разработок FACETS как раз лежат интегральные функциональные вычислители, причем допускающие коррекцию процесса вычисления

(точнее, все-таки, моделирования). Чтобы понять, насколько непростой была эволюция этих схем, обратимся к опыту проекта – к гибриднему аналогово-цифровому нейропроцессору Galway. Эта микросхема, содержащая всего две модели нейронов, занимала весьма немаленькую площадь (10,5 мм²) и требовала для реализации 47 тыс. транзисторов (свыше 90% из которых задействованы сугубо в аналоговых цепях). Ее особенность – наличие модуля аналоговой памяти, позволяющего перестраивать вычислитель на реализацию разных моделей нейронов, построенных на основании результатов нейрофизических исследований. На кремниевой пластине диаметром 20 см можно разместить всего 12,5 тыс. таких «нейронов», даже без учета потребности в площади кристалла для развитой сети коммуникации сигналов. Так что заявленные для текущего поколения нейровычислителей масштабы (200 тыс. нейронов и 50 млн соединений между ними) – колоссальный шаг вперед.

Итак, мы становимся свидетелями появления новых машин, которые уже и вычислительными назвать трудно. Без сомнения, эти устройства интересны сами по себе – в силу их нетрадиционности. Но все же основной вопрос – зачем они нужны? В далеко идущих планах проекта FACETS стоит изучение возможных подходов к решению задачи машинного зрения, для которой, что очевидно, можно придумать миллионы применений. Но как раз сверхзадачи (типа создания наконец полноценного искусственного интеллекта) FACETS не настолько интересны, чтобы уделять им много внимания. Куда интереснее возможный «побочный продукт» проекта. Например, сравнительно небольшие (порядка тысячи нейронов) однокристалльные нейромашины для систем автоматического регулирования и управления – не просто как пригодные к производству микросхемы, а как полноценный инструментальный набор, позволяющий в разумные сроки находить решения задач, весьма сложных для традиционных методов. Сфера использования таких «вычислителей» практически безгранична. Как ни странно, но действительно очень интересные применения аналогово-цифровых гибридных нейропроцессоров ожидаются в... искусстве. Например, динамические скульптуры и инсталляции, имитирующие взаимодействие со зрителем.

И наконец, самое главное. Если аналоговые вычислители вернуться в массовый компьютеринг и им там найдется место и применение – мы столкнемся с по-настоящему новым, которое действительно хорошо забытое старое.

5 Комментариев



wj → ITC.UA

15 years ago

И где же можно найти эти чертежи, у бога разве одолжить? :Р
Мозг - продукт эволюции (согласно имеющимся у нас на данный момент данным), поэтому никаких "чертежей" к нему быть в принципе не может.

0 0 Ответить Поделиться ›



Agarus → ITC.UA

15 years ago

Согласен с мнением, что копают не с той стороны. Предлагаю отправить этим 15 университетам письмо с чертежами автомобиля.

0 0 Ответить Поделиться ›



Pobedowsky → ITC.UA

15 years ago

В дальнейшем проект FACETS будет интегрирован с БАК, и мы получим мощный инструмент для выявления и последующего уничтожения всего к чему человечество будет проявлять свой не здоровый интерес.

0 0 Ответить Поделиться ›



philin35 → ITC.UA

15 years ago

По моему они не с той стороны копают. Они пытаются грубо говоря сделать автомобиль по фотографиям вместо того чтобы поискать чертежи. В общем людям интересен сам процесс.

0 0 Ответить Поделиться ›