

История мультиплеера игры Armello

Исходная статья: <https://store.steampowered.com/news/app/290340/view/2909844527767216865>

Перевод: oscat.ru

Почему [Armello](#) потребовалось 3 года, чтобы перейти от технологии [P2P](#) (peer-to-peer) к выделенным облачным серверам?

Если коротко: мы постоянно были заняты, устраняя баги, добавляя фишки в рамках ежемесячных апдейтов или занимаясь портированием нашей игры на новые платформы. И ещё – наша маленькая команда состояла всего лишь из 4 программистов.

А далее в статье всё будет описано подробно!

Это был извилистый путь для мультиплеера Armello. Как игровая студия – за 3 года выпуска регулярных обновлений для «живой» и постоянно функционирующей игры мы многому научились. Но признаём – предстоит внести ещё немало улучшений.

NMA

Самой большой проблемой мультиплеера Armello были [взаимные блокировки](#) в очереди событий. Очередь событий – это список действий или правил, которые игра выполняет одно за другим.

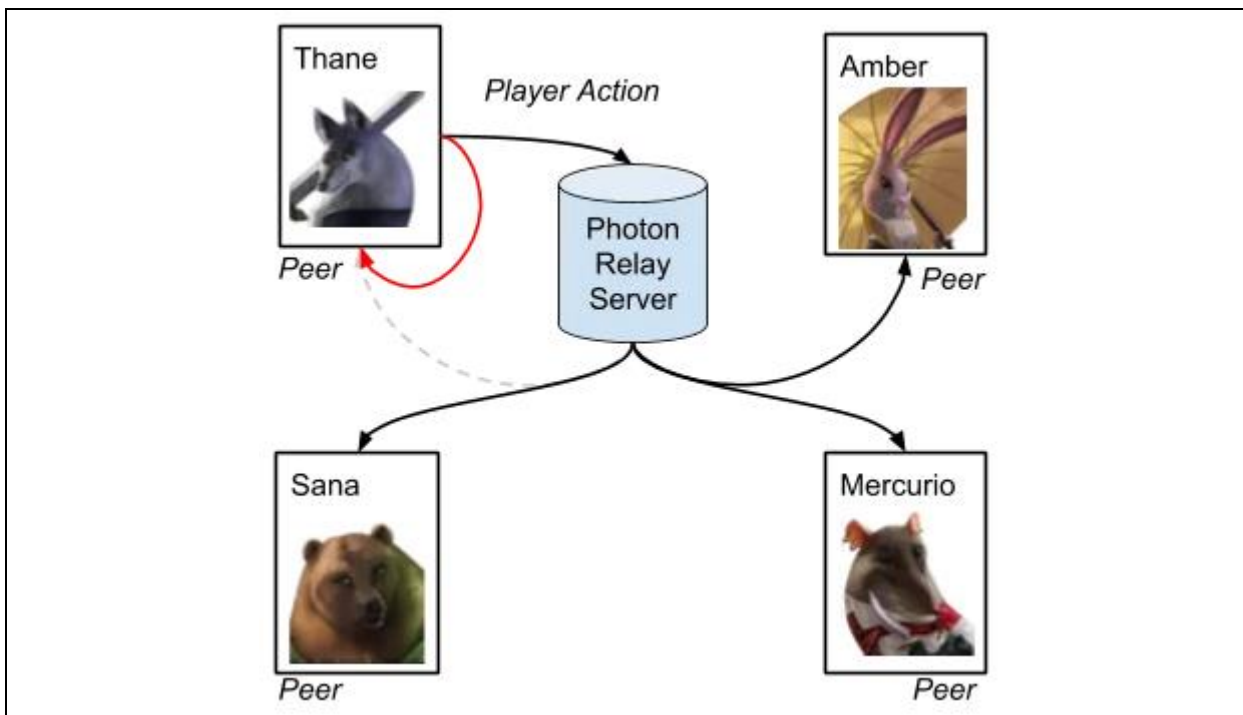
Если текущее событие не завершилось – то следующее начаться не может. Это выглядит как зависание игрового процесса, которые мы называем **NMA**, что является акронимом от **No More Actions**. Такие зависания в основном проявляются в многопользовательском режиме, когда очередь событий одного игрока рассинхронизируется с очередью другого (т. е. в них оказывается разный набор событий) или ошибка в нашем коде не позволяет событию завершиться.

Поясню это на примере: представьте, что вы играете в настолку. Один из 4 игроков в свой ход должен взять карты, а затем выполнить 3 действия. Если этот игрок сидит за столом, но отказывается добирать карты (**NMA**), то всем остальным придётся бесконечно ждать своей очереди, и они будут очень раздражены!

Сентябрь 2015: Версия 1.0. Матчмейкинг на основе Photon

Давайте начнём с первого полностью публичного релиза Armello – версии 1.0.

Изначально архитектура мультиплеера Armello была основана на ретрансляционных серверах Photon. Такой сервер получает сообщения (пакеты данных) от каждого игрока, участвующего в партии, а потом пересылает их в согласованном порядке всем остальным игрокам. У нас также была оптимизация, позволяющая игрокам в течение своего хода совершать действия друг за другом и мгновенно видеть их результаты, не дожидаясь пакетов от сервера, чтобы устранить задержку (латентность).



Тейн в свой ход совершает действие, информация о котором пересылается ретрансляционному серверу. Сервер пересылает эту информацию всем остальным игрокам. При получении этой информации – у игрока происходит отображение соответствующего действия (анимация и т. д.). Это гарантирует, что действия всех игроков обрабатываются и отображаются в согласованном порядке.

Для уменьшения задержки Тейн в свой ход может видеть результаты своих действий без ожидания сообщений от сервера (см. красную стрелку на рисунке).

Оставшиеся проблемы:

- отключение игрока от партии происходило спустя всего 10 секунд после потери с ним соединения. Существовали ограничения, из-за которых Photon нельзя было перенастроить на другое поведение;
- текущая архитектура не позволяла внедрить запланированные нами улучшения – например, подбор игроков на основании рейтинга;
- действующая система не позволяла выкидывать из партии читеров, выдавать им бан и предотвращать запуск пиратских копий игры.

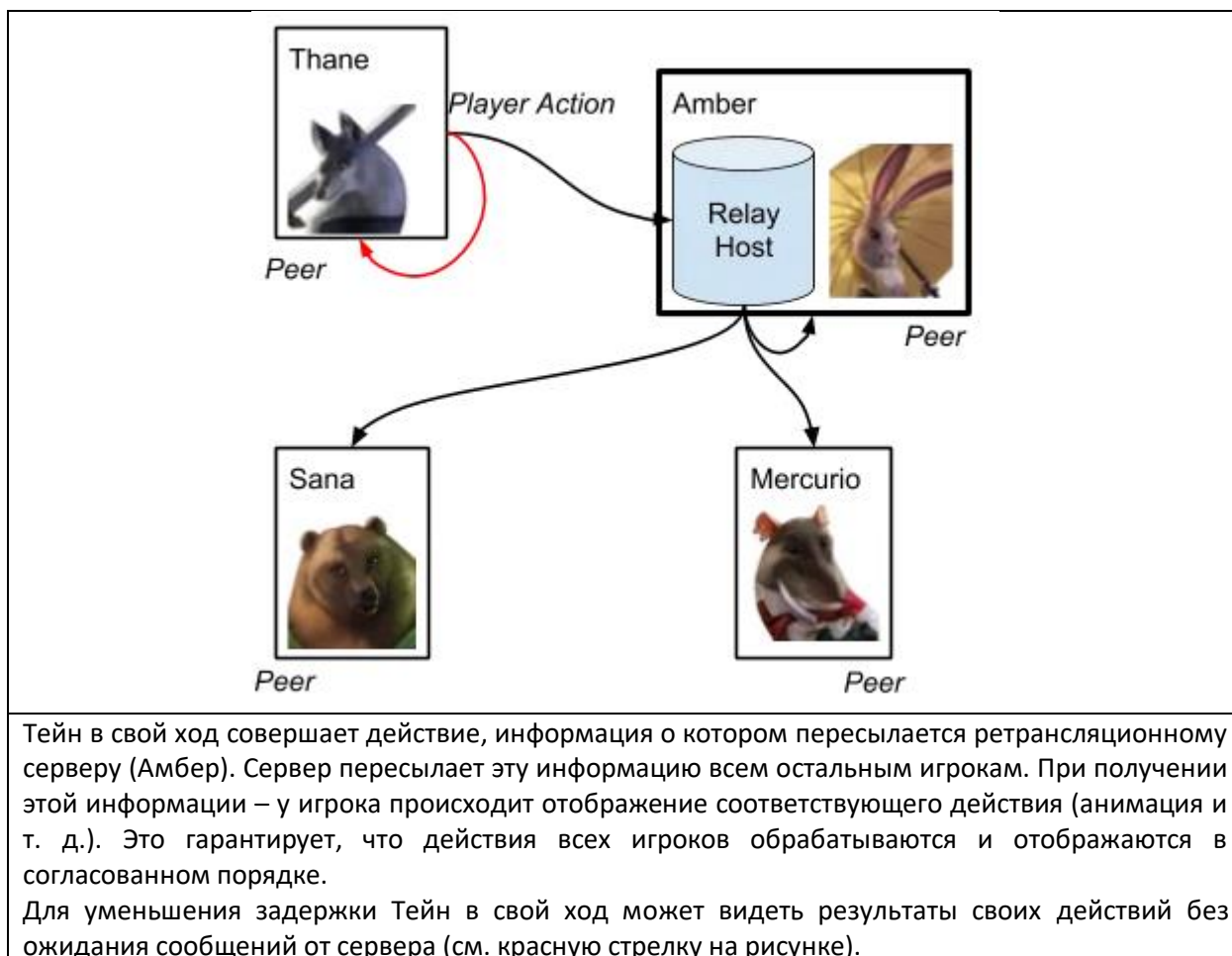
Январь 2016: Версия 1.2. Матчмейкинг на основе Steam и архитектура P2P (peer-to-peer)

Мы оценили возможности системы [Steam Matchmaking](#) и использования одноранговой (P2P) сети, и пришли к выводу, что это более гибкое решение, соответствующее нашим планам на будущее развитие игры.

После его внедрения мы сразу увидели, что задержка (латентность) снизилась, а время ожидания восстановления соединения увеличилось (*т. е. теперь у игрока была возможность решить проблему с соединением – например, перезагрузив своё игровое устройство или роутер – и вернуться к партии*). Steam Matchmaking также автоматически запрещал возможность подключения заблокированных игроков (например, читеров) и игроков, использующих пиратские копии Armello.

Переход на Steam P2P перевёл Armello на «чистую» одноранговую сетевую архитектуру.

Чтобы обеспечить согласованную доставку сообщений всем пирам, нам пришлось продолжить использовать ретрансляционные серверы. Вместо использования Photon, мы теперь размещали сервер на стороне одного из пиров – он выбирался в начале партии и выполнял эту функцию вплоть до её до конца.



Оставшиеся проблемы:

- самая большая проблема после перехода на Steam P2P была связана с тем, что стало намного сложнее справляться с разрывами соединения у игроков. Если игрок, который выполнял функцию ретрансляционного сервера (в примере выше – Амбер) отключался, то нужно было выбирать нового пира для этой роли, а все сообщения, которые были отправлены предыдущим сервером непосредственно перед отключением, нужно было контролировать, чтобы они не были потеряны кем-то из игроков. Существовала вероятность, что если отключение Амбер произошло в тот момент, когда Тейн выполнял своё действие (красная стрелка), то сообщение об этом никогда не дойдёт до Саны и Меркурио (чёрные стрелки).

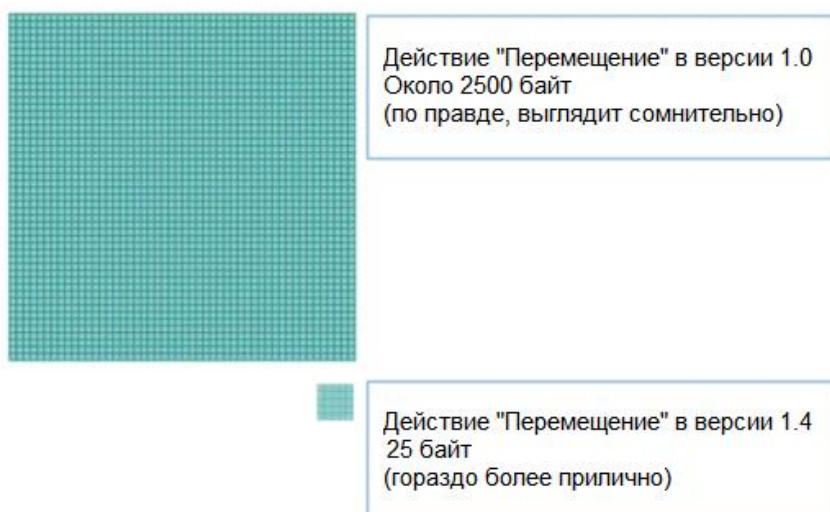
В будущем это создаст для нас серьёзные трудности.

Июнь 2016: Версия 1.4. Оптимизация сетевого кода

В течение 6 месяцев часть команды Armello занималась портированием игры на Xbox One. К сожалению, в тот момент платформа Photon не поддерживала Xbox One, поэтому нам пришлось адаптировать многопользовательскую часть к третьему технологическому решению – Unity Networking.

В то время Unity Networking для Xbox One имел гораздо более строгие ограничения на размер передаваемых сообщений по сравнению с Photon, поэтому нам пришлось всерьёз заняться их оптимизацией – в исходном виде они были сделаны довольно неряшливо. Это задача была в нашем бэклоге, и теперь стала приоритетной.

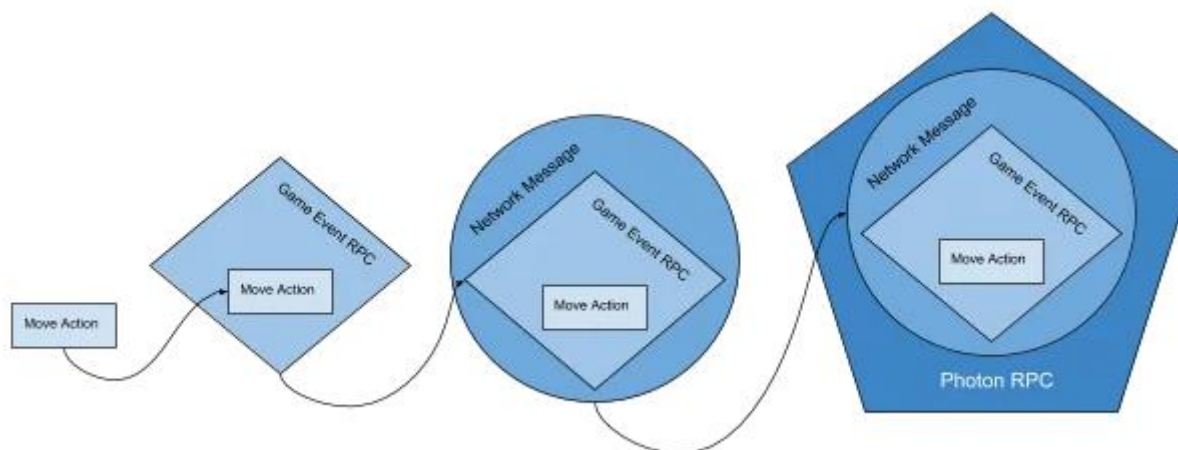
Во многих случаях эти оптимизации помогли сократить объём отправляемых и получаемых сообщений в 100 раз.



Что? Как может перемещение персонажа в пошаговой игре описываться 2500 байтами? Очень просто:

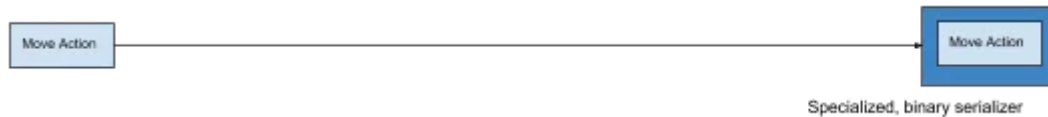
Похоже на набор матрёшек. Даже простые игровые действия «обвешивались» дополнительными данными по мере продвижения по различным подсистемам.

«Преждевременная оптимизация – корень всех зол» – Дональд Кнут, 1974



Оптимизация была простой и прямолинейной – убрать все дополнительные «обёртки», добавляемые разными программными слоями, и произвести конвертацию сообщения в байты однократно и эффективно.

«Я собираюсь исправить это дерьмо раз и навсегда» – Карл Брудак, Armello, 2016



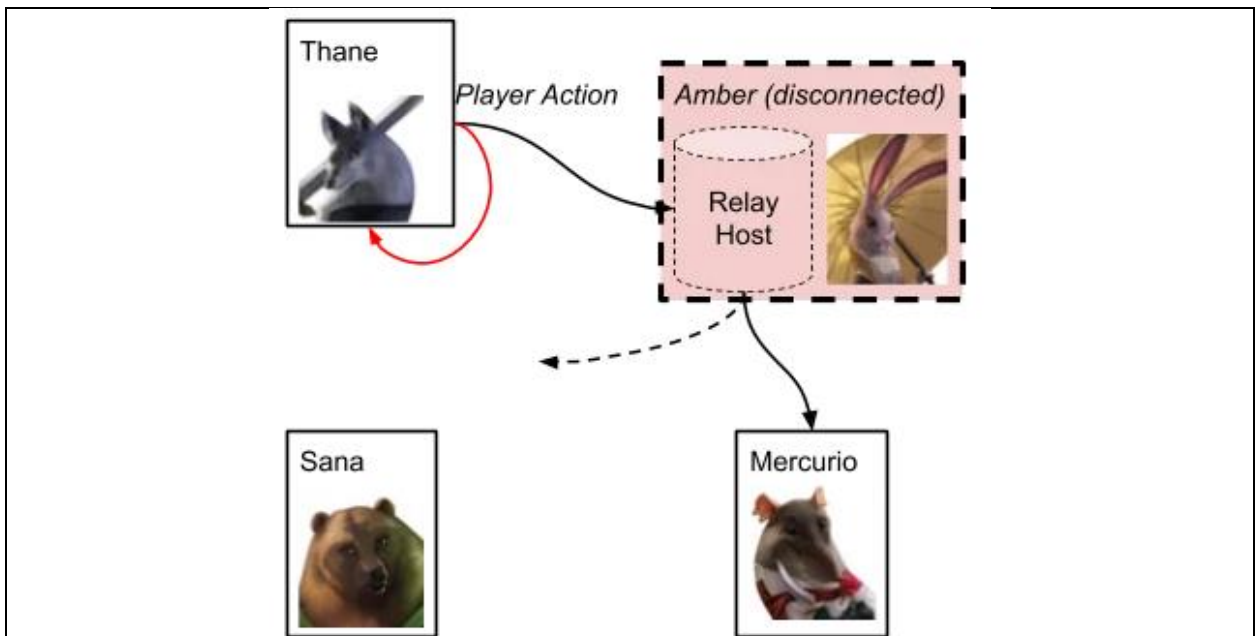
Эти оптимизации было легко перенести в версию 1.4, подготовленную для Steam. Они сыграли важную роль, заранее решив проблемы, проявившиеся бы в будущей версии игры для мобильных платформ, и сделали более комфортной жизнь игроков с «медленным» сетевым подключением, а также снизили нагрузку на процессор для ПК, чьи характеристики были ниже минимальных системных требований игры.

На тот момент мы не знали, что переход на Unity Networking для Xbox One принесёт нам в будущем пользу при запуске выделенных серверов!

Январь 2017: Версия 1.6. Апдейт для повышения стабильности мультиплеера

Плохая обработка разрывов соединений мучила наше сообщество в течение 6 месяцев, и мы начали работу над улучшением нашей модели P2P, основанной на ретрансляционных серверах.

Вот пример того, как отключение одного из игроков может вызвать проблемы со стабильностью многопользовательской игры:

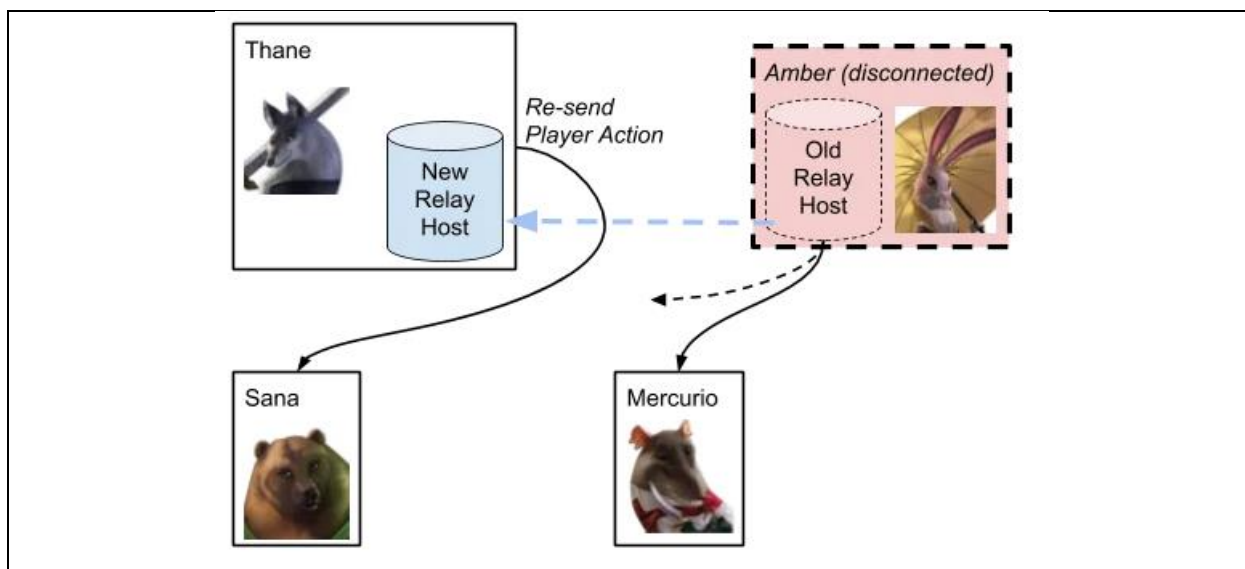


Тейн в свой ход совершает действие, информация о котором пересылается ретрансляционному серверу (Амбер). Сервер пересылает эту информацию всем остальным игрокам. Но Амбер отключается от игры в тот момент, когда Меркуриу уже получил сообщение о действии, а Сана – нет.

Тем временем, Тейн уже совершил своё действие (см. красную стрелку), и оно не может быть отменено.

В этой ситуации система должна быть спроектирована так, чтобы имелась возможность восстановить сообщение, отправленное Тейном, и повторно отправить его Сане. Если этого не сделать – то всё сведется к **NMA**.

Чтобы снизить вероятность такой ситуации, мы улучшили механизм обработки разрывов соединений. Мы внедрили в сообщения специальные теги и на их основе реализовали надёжный протокол восстановления. Ниже приведён упрощенный пример восстановления потерянных сообщений:



После того, как Амбер отключается от игры из-за разрыва соединения, Тейн становится ретрансляционным сервером и повторно отправляет Сане неполученное ею сообщение.

Оставшиеся проблемы:

- хотя целью апдейта было «повышение стабильности мультиплеера», многие игроки жаловались, что внесённые изменения сделали всё только хуже (потому что теперь у игрока после каждого действия была задержка, связанная с ожиданием подтверждения получения информации о нём всеми остальными игроками; на рисунке больше нет красной стрелки).

Мы размышляли о слабых местах, которые нам нужно было улучшить:

- *Количественные показатели*: мы должны иметь возможность лучше определять степень стабильности очередной версии игры во время разработки (в процессе тестирования) и в реальных сборках (сбор аналитики);
- *Автоматизированное тестирование*: мы должны автоматизировать процесс тестирования многопользовательской части игры, чтобы можно было запустить на проверку огромное количество партий, протестировав все возможные комбинации действий игроков;
- *«Двойной разрыв»*: было много вот таких случаев – если два пира отключались от игры практически одновременно, то наш код не мог обработать это должным образом. Нам нужно было добавить автоматизированные тесты для этого случая;
- в то время мы не замечали, что оптимизация немедленного выполнения и отображения действий игроков для них самих (на прошлых картинках эти действия были обозначены красной стрелкой) также была причиной основной части проблем с нестабильностью при обработке отключения – из-за проблем с порядком сообщений при переключении ретрансляционных серверов (когда один из оставшихся игроков становится новым сервером).

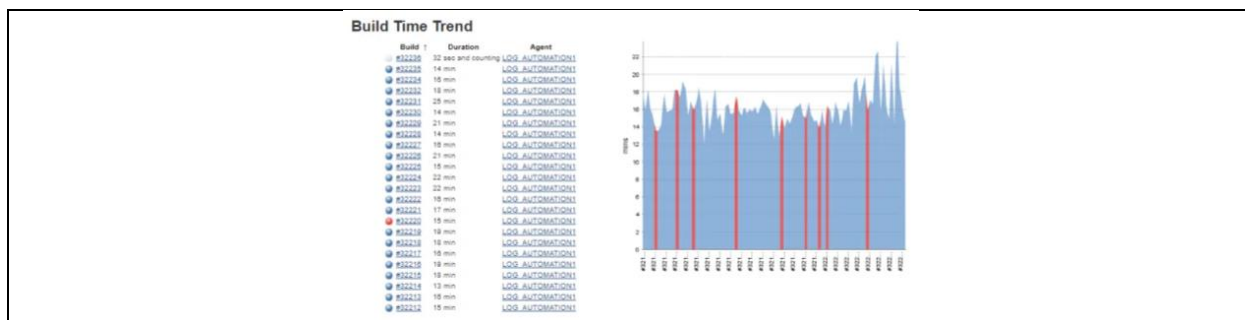
Май 2017: Версия 1.7. Автоматизированное тестирование

После разочаровывающих результатов версии 1.6, мы около 6 месяцев работали над внедрением системы автоматизированного тестирования. Мы добавили в мультиплеер поддержку ботов, которые могли за день проводить множество партий.

Мы сразу же обнаружили большое количество ошибок, приводящих к **NMA**. Теперь находить их причины было гораздо проще, потому что боты вели подробные логи. В течение этого периода по мере обнаружения и исправления ошибок мы выпустили несколько патчей (обычно – по патчу раз в неделю).



ПК, на которых запускались автоматизированные тесты. Эти изящные микрокомпьютеры от HP отличаются низким энергопотреблением, но обладают достаточной мощностью CPU для параллельного запуска нескольких тестов Artello (обычно без графической части)



Пример отчёта о результатах автоматизированного тестирования. В данном случае каждые 15 минут запускалась партия, в которой участвовало 4 бота. Это происходило круглыми сутками. Красные полоски на графике – обнаруженные ошибки (исключения или **NMA**).

Наши дни проходили в поиске ошибок и их устранении (или внесении исправлений в тесты, если это были ложноположительные срабатывания). Мы занимались этим в течение двух месяцев, пока готовили к выпуску версию 1.7.

Оставшиеся проблемы:

- после выпуска патчей обработка разрывов соединений оставалась основной причиной нестабильности мультиплеера, и мы решили продолжить заниматься этой проблемой;
- аналитика всё ещё не предоставляла достаточно подробностей для отслеживания степени стабильности отправленной в релиз версии игры.

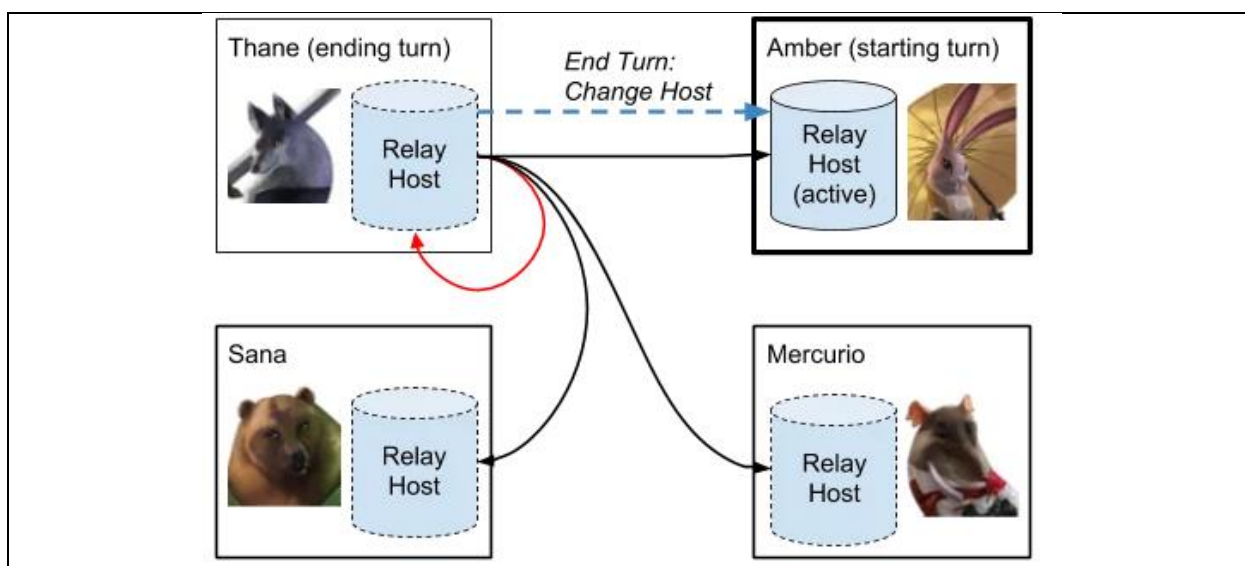
Август 2017: Версия 1.9. Улучшения в обработке разрывов соединений

Мы подключили наши автоматизированные тесты к игровой аналитике, собираемой в реальном времени, чтобы анализировать тысячи партий в день. Мы увеличили процент кода, [покрытый тестами](#) – в частности, это касалось кода обработки разрывов соединений. Также мы впервые начали получать в реальном времени информацию о степени стабильности текущей версии игры и отслеживать наш прогресс в борьбе с нестабильностью.

Мы обнаружили, что большинство ошибок возникало в тех случаях, когда игроки отключались от игры в конце своего хода. Часто причиной проблемы являлась рассинхронизация между порядком передаваемых сообщений о действиях игрока и порядке, в котором они выполняются у него локально (как обозначено красной стрелочкой на предыдущих рисунках).

И вот что мы сделали, чтобы предотвратить это: теперь игроки по очереди выполняли роль ретрансляционного сервера в течение своего хода. Когда ход игрока заканчивался – сервером становился другой игрок, начинающий свой ход.

Таким образом, в течение своего хода игрок мог совершать действия без задержек между ними и мгновенно видеть их результаты, как это было и раньше, в версиях < 1.6.



Тейн в свой ход совершает действие и, являясь ретрансляционным сервером, пересылает информацию о нём всем остальным игрокам. После завершения хода Тейна роль сервера переходит к Амбер, потому что следующий ход – её.

В связи с этим каждый игрок в течение своего хода может совершать действия без задержек между ними и мгновенно видеть их результаты (см. красную стрелку).

Принцип передачи роли ретрансляционного сервера между игроками фундаментально улучшил положение дел – теперь действия игрока обрабатывались и отображались в согласованном порядке как для него самого, так и для других участников партии.

Оставшиеся проблемы:

- одновременное отключение нескольких игроков по-прежнему приводило к проблемам со стабильностью, которые было сложно устранить в рамках нашей существующей одноранговой (P2P) сетевой архитектуры и особенностей обработки некоторых игровых событий.

Ноябрь 2017: Внутренний прототип с использованием выделенных серверов

Мы столкнулись с выбором: продолжать улучшать существующую одноранговую (P2P) сетевую архитектуру, одновременно устраняя проблемы в очень сложном коде Armello, или посмотреть на ситуацию в целом и выбрать решение, которое позволило бы нам в будущем достичь наилучших результатов.

Мы решили создать прототип Armello, работающий на основе сетевой архитектуры «клиент – сервер», и начали изучать затраты на аренду выделенных серверов.

К счастью, Armello уже был готов к переходу на клиент-серверную архитектуру, потому что игровые действия разбивались на отдельные события, которые последовательно обрабатывались и отображались для всех игроков (клиентов) детерминированным образом. Детерминированность означает следующее: результаты выполнения действий одного игрока будут одинаковыми для всех игроков.



Первоначальный прототип показал себя многообещающим, но необходимо было решить некоторые дополнительные проблемы:

- найти хостинг выделенных серверов;
- оценить стоимость хостинга (потому что каждый час аренды сервера стоит денег). Мы не хотели обременять нашу инди-игру непосильными затратами для запуска мультиплеера;
- серьезно оптимизировать серверную версию игры, чтобы она использовала меньше ресурсов CPU, RAM и дискового пространства (потому что это влияет на стоимость хостинга);
- задержка в процессе игры была бы неприемлемой для некоторых игроков. Необходимо было приложить длительные усилия, чтобы скрыть её, позволив игроку выполнять действия «бесшовно», но при этом иметь возможность отменить их на основании результатов обработки сервером.

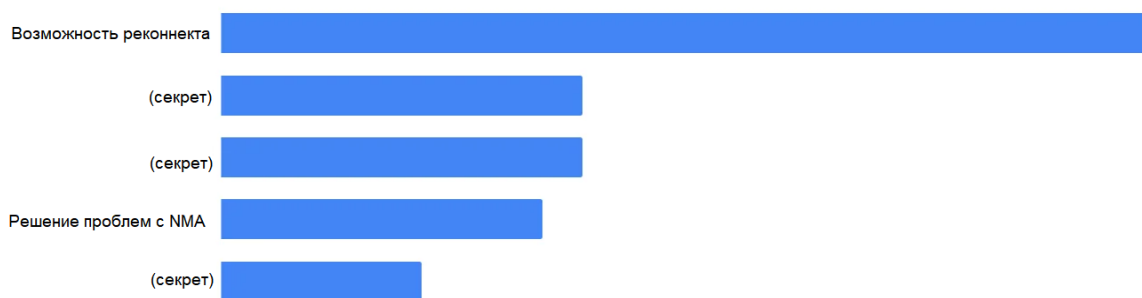
Февраль 2018: Версия 1.10. Порт на iOS

При портировании игры на iOS нам понадобился аналог Steam Inventory и онлайн-сервис управления аккаунтам. Мы решили интегрировать сервис под названием PlayFab.

Это решение оказалось удачным, потому что PlayFab позже стал нашим облачным хостингом выделенных серверов для ПК-версии игры. Теперь у нас был последний нужный фрагмент технологического паззла.

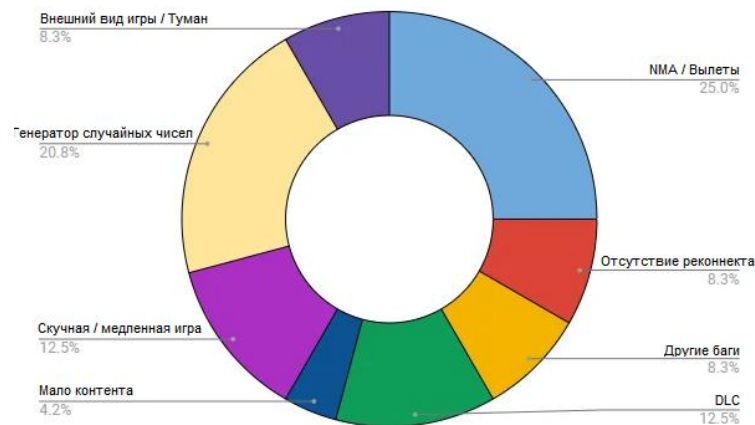
Планы на версию 2.0

Планируя выпуск Armello 2.0, мы провели в нашем сообществе игроков опрос о том, какие изменения они хотели бы видеть в этой версии. Применительно к мультиплееру было 5 основных запросов:



На первом месте по популярности была поддержка реконнекта — возможности снова присоединиться к уже начавшейся партии после произошедшего по какой-то причине отключения (например, из-за разрыва соединения). На четвёртом месте была просьба решить проблемы с **NMA**.

Также мы собираем ежемесячную статистику о негативных отзывах игроков. Вот пример от апреля 2018 года:



На что жаловались игроки Armello в апреле 2018

Это весьма типичный месяц с точки зрения негативных отзывов. 25% из них касаются **NMA**. В ещё 8% упоминается отсутствие функции реконнекта.

Многие жалобы касаются «вкусовщины» — например, работы генератора случайных чисел. Однако **NMA** и отсутствие реконнекта — это те проблемы, которые мы могли бы решить, не меняя основу игры.

- После перехода на клиент-серверную архитектуру реализовать возможность **реконнекта** стало гораздо проще. Сервер хранит информацию о всех произошедших в течение партии действиях и событиях, и может переслать её вновь подключившемуся клиенту. Но если бы мы решили реализовать эту функцию – нам потребовался бы переход к архитектуре с выделенными серверами;
- Что касается **NMA** – мы знали, что текущие трудности с их тестированием и предотвращением будет намного проще решать в рамках клиент-серверной архитектуры. В частности, наличие выделенного сервера полностью устраняет проблему, связанную с отключением игрока, выполняющего роль ретрансляционного сервера.

Имея надежную информацию, подкрепляющую нашу интуицию, мы знали, что переход на выделенные серверы может быть самым важным изменением в Armello, которое нам по силам.

Июль 2018: Версия 1.12. Бета-версия архитектуры с выделенными серверами

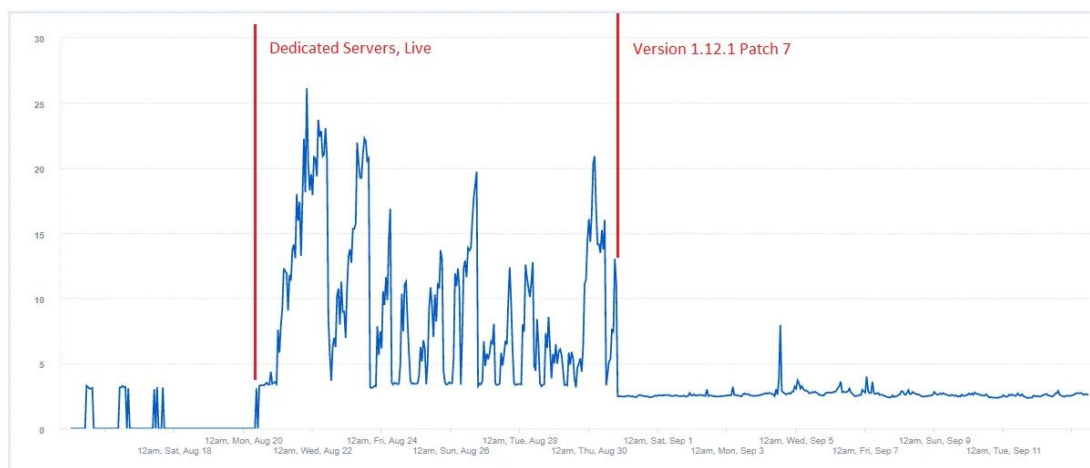
В течение первых 6 месяцев 2018 года мы работали над полной реализацией клиент-серверной архитектуры для Armello. Это включало в себя:

- адаптация бэкэнд-технологии, позволяющей нам легко загружать новые сборки серверной части игры на выделенный облачный хостинг;
- разработка оптимизированной серверной сборки Armello для развёртывания на облачном хостинге;
- улучшения в обработке отключения игроков с использованием преимуществ выделенных серверов и реализация возможности реконнекта;
- перенастройка наших автоматизированных тестов на облачный сервер;
- улучшения в отображении для игрока результатов его собственных действий для компенсации задержки, связанной с передачей сообщений между игровым устройством и сервером;
- исправление целой кучи багов, связанных с **NMA**, по ходу дела.

Август 2018: Версия 1.12.1, патч 4. Переход на архитектуру с выделенными серверами

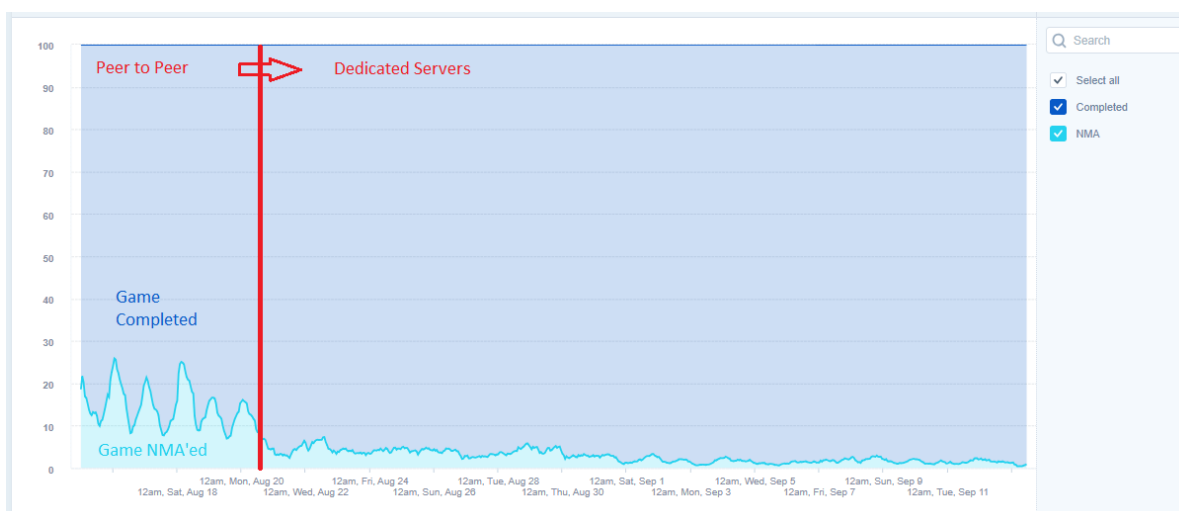
Спустя 4 недели бета-тестирования выделенных серверов мы полностью перевели на них всю мультиплеерную часть игры. Это произошло 20 августа.

Ниже приведена диаграмма нагрузки на наши серверы в течение первых 30 дней после перехода. Чем ниже значение по оси Y – тем быстрее происходил запуск новых партий. В первые несколько недель нам пришлось усердно работать, чтобы устранить ошибки, из-за которых серверная часть игры крашилась или зависала. Нам также пришлось настроить балансировку нагрузки, чтобы подобрать оптимальное количество игровых серверов для одной облачной машины.



К первой неделе сентября мы выпустили патч 7, в котором устранили все известные ошибки, приводящие к падению серверов, и провели их нагрузочное тестирование в «рабочей» конфигурации. Начиная с этого момента нагрузка на серверы и уровень их доступности были устойчиво-стабильными.

Одной из причин перехода на выделенные облачные серверы было повышение стабильности работы мультиплеера за счёт снижения числа случаев **NMA**. Теперь, после завершения перехода на новую архитектуру, мы смогли сравнить, насколько меньше стало случаев, когда партия не смогла завершиться из-за возникновения **NMA** (см. на голубую область графика):



Мы очень довольны этими результатами. И надеемся, что наши игроки тоже! Теперь гораздо больше партий завершаются успешно, а количество **NMA** и завершения партий из-за разрывов соединений держится на рекордно низком уровне.

Будущее

Хотя мы ничего не обещаем (и когда вообще у нас дойдут до этого руки?), наличие выделенных серверов помимо обеспечения реконнекта открывает некоторые интересные возможности для следующих версий Armello. Некоторые из них мы анонсируем в будущем. А пока ждём ваших пожеланий!