

Студ. Т.Л. Нгуен

Науч. рук. ст. преп. Н.В. Попеня  
(кафедра информатики и веб-дизайна, БГТУ)

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ВЫСТРЕЛОВ СНАРЯДОВ В ТРЕХМЕРНЫХ ИГРАХ

Механика стрельбы является краеугольным камнем жанра шутеров от первого лица (FPS), напрямую влияя на ощущения от игрового процесса и тактические возможности игрока. С момента своего появления в 1992 году с выходом Wolfenstein 3D, FPS-игры стали неотъемлемой частью игровой индустрии. Фундаментальные принципы симуляции выстрела остаются ключевым аспектом, определяющим уникальный игровой опыт.

В ранних 3D-играх для рендеринга сцен использовалась техника raycasting – определение первого пересечения луча, испущенного из точки обзора, с объектом геометрии. Разработчики адаптировали этот подход для симуляции выстрелов: при нажатии на спусковой крючок из точки, имитирующей ствол оружия, выпускается невидимый луч, который мгновенно определяет факт попадания в первый встреченный им объект. Этот метод, получивший название hitscan (букв. «сканирование попадания»), стал основой для множества классических и значительной части современных шутеров. Однако у hitscan есть и существенные ограничения. Поскольку луч «поражает» цель мгновенно, игрок не имеет возможности уклониться от выстрела, даже находясь на значительном расстоянии, что может снижать тактическую глубину перестрелок на открытых пространствах.

В отличие от hitscan, метод баллистики предполагает создание для каждой пули отдельного физического объекта (снаряда) в игровом мире. Такой виртуальный снаряд обладает параметрами, такими как начальная скорость, масса, и движется по траектории, на которую в реальном времени могут влиять гравитация, сопротивление воздуха и другие симулируемые физические силы. Это позволяет реализовать гораздо более сложные и реалистичные механики: необходимость учитывать упреждение при стрельбе по движущимся целям на больших дистанциях, прострел укрытий в зависимости от их материала и мощности оружия, или даже зрелищный эффект «буллет-тайма» (замедления времени для отслеживания полета пули), как в играх Max Payne или Superhot. Главный недостаток баллистической модели – существенно более высокая вычислительная нагрузка. Каждый выпущенный снаряд требует отдельных расчётов физики его движения и взаимодействия с окружением, что особенно критично в сценах с интенсивной стрельбой

или в мультиплерных режимах, где необходимо синхронизировать состояние множества таких объектов между игроками. Для оптимизации разработчики прибегают к различным техникам, таким как использование пулов объектов (*pre-instantiated objects*), которые предварительно загружены в память и переиспользуются, или привязка расчетов физики к частоте кадров, хотя последний подход может приводить к артефактам, например, «прохождению» быстрых пуль сквозь тонкие объекты при низком FPS (эффект "tunneling").

Современные игровые движки и разработчики часто прибегают к комбинированию hitscan и баллистики, чтобы достичь оптимального баланса между реализмом, производительностью и спецификой геймплея. Например, в серии Halo штурмовая винтовка может использовать hitscan для простоты и отзывчивости, в то время как Игломет (Needler) стреляет самонаводящимися баллистическими кристаллами. В играх серии Sniper Elite hitscan может использоваться для определения потенциального попадания и момента активации зорицной камеры «буллет-тайма», после чего полет пули детально рассчитывается уже как физического объекта.

Ещё один развивающийся подход – гибридная трассировка лучей для снарядов (*raycast-per-frame for projectiles*). В этом методе пуля, являясь физическим объектом, в каждом кадре или через определенные интервалы «испускает» короткий луч по направлению своего движения. Это помогает точно определять столкновения даже для очень быстрых снарядов и избегать проблем с «прохождением» сквозь объекты, сохраняя при этом преимущества физической симуляции. Такие гибридные решения позволяют разработчикам создавать разнообразное и правдоподобное оружие, не жертвуя чрезмерно оптимизацией.

Эволюция механики стрельбы в FPS-играх наглядно демонстрирует, как технические возможности, ограничения и творческие решения разработчиков формируют ключевые аспекты игрового опыта. От простых и эффективных hitscan-систем до сложной, ресурсоемкой, но реалистичной баллистики и интеллектуальных гибридных моделей – каждый метод имеет свои преимущества, недостатки и оптимальную сферу применения. Несмотря на кажущееся отсутствие революционных прорывов в этой области в последние годы, постоянные итерации, оптимизации и умные комбинации существующих подходов продолжают улучшать иммерсивность и глубину геймплея, делая виртуальные перестрелки всё более тактически насыщенными и увлекательными. В конечном счёте, выбор и реализация механики стрельбы остаются ключевыми дизайнерскими решениями, определяющими характер FPS-игры и её место на постоянно развивающемся рынке.