

РЕАЛИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИ КОРРЕКТНОГО ЗВУКА В ИГРАХ

М. Д. Климович, И. Д. Романовский

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Рябычина Ольга Петровна – канд. техн. наук

В данной статье рассматривается концепция бинаурального звука и его применение в видеоиграх, в частности в Hunt: Showdown. Описаны основные принципы работы технологии, ее влияние на геймплей и способы реализации физически корректного звукового окружения. Анализируются ключевые механики обработки звука, включая эффект Допплера, реверберацию и влияние препятствий. Проводится сравнение с другими играми. Статья подчеркивает важность звуковых технологий для повышения реализма и вовлеченности игроков.

Современные видеоигры стремятся к максимальному уровню реализма, и одной из ключевых технологий, способствующих этому, является бинауральный звук. Он позволяет создать эффект присутствия, усиливая иммерсивность и стратегические возможности игроков. Особенно выдающейся является его реализация в Hunt: Showdown, где звуковая система не только передает атмосферу, но и играет важнейшую роль в игровом процессе.

Бинауральный звук – это метод записи и воспроизведения аудиосигналов, при котором создается эффект присутствия, благодаря точному моделированию того, как человеческие уши воспринимают звук в реальном мире. В отличие от обычного стереозвuka, бинауральный звук учитывает фазовые различия и интерференцию волн, обеспечивая реалистичное восприятие направления источника звука. Для записи бинаурального звука используются специальные микрофоны, расположенные в искусственной голове или внутри ушей реального человека. Воспроизведение такого звука наиболее эффективно в наушниках, так как они создают ощущение, что звук исходит из конкретного направления в пространстве.

Человеческий слух воспринимает частоты в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц, однако бинауральные эффекты наиболее заметны в диапазоне 200 Гц – 7 кГц, так как именно в этом интервале ушные раковины и голова оказывают наибольшее влияние на формирование звуковой картины. Одной из ключевых математических моделей, описывающих восприятие направления звука, является уравнение межухного временного различия (ITD, Interaural Time Difference):

$$\Delta t = \frac{d \cdot \sin(\theta)}{c} \quad (1),$$

где: Δt – разница во времени прихода звука к каждому уху, d – расстояние между ушами, θ – угол между направлением источника звука и средней линией головы, c – скорость звука в воздухе.

Применение бинаурального звука в игровых технологиях также связано с особенностями архитектуры звуковых движков. Современные игровые движки, такие как Unreal Engine и Unity, интегрируют сложные алгоритмы обработки звука, включая поддержку HRTF (Head-Related Transfer Function). Это позволяет разработчикам настраивать акустическую среду таким образом, чтобы учитывать особенности локации и материалов, влияющих на распространение звука. Например, в замкнутых пространствах звук может подвергаться множественным отражениям, а на открытых территориях – терять высокие частоты на дальних расстояниях.

Кроме того, исследования показывают [1], что наличие реалистичной звуковой среды влияет на когнитивное восприятие игрока. Экспериментально доказано, что детализированное пространственное аудио способствует более быстрому реагированию на игровые события, особенно в шутерах и хоррорах. Использование бинауральных технологий не только делает звук убедительным, но и повышает общую игровую продуктивность, помогая игрокам точнее оценивать обстановку и принимать решения.

Среди игр, использующих бинауральный звук, можно выделить Hunt: Showdown 1896 от игровой студии Crytek – один из лучших примеров того, как звук не просто дополняет атмосферу, но и становится важнейшей игровой механикой. Разработчики уделили особое внимание пространственному звуку, применяя бинауральные техники [2] и сложные алгоритмы обработки аудиосигналов.

В Hunt: Showdown 1896 слух играет не меньшую роль, чем зрение. Игроки ориентируются по звукам, определяя нахождение противников или монстров. Благодаря бинауральному звуку можно точно услышать, с какой стороны и на каком расстоянии находятся шаги другого игрока, выстрелы и звуки взаимодействия. Такой уровень детализации делает игровой процесс более напряженным и стратегическим, так как малейший звук может выдать местоположение игрока, что заставляет вести себя осторожно и внимательно слушать окружение. В качестве основных особенностей звуковой системы Hunt можно выделить:

– физически корректный рендеринг звука – игра учитывает препятствия, плотность окружающей среды и различные материалы. К примеру, звук шагов по дереву отличается от шагов по грязи не только по тембру, но и по реверберации;

– эффект Доплера – движение источника звука относительно игрока влияет на его восприятие, что особенно важно при стрельбе и передвижении [3];

– бинауральный рендеринг – использование HRTF (Head-Related Transfer Function) позволяет точно определять направление звука даже в вертикальной плоскости, что критично в многоуровневых локациях;

– эхо и реверберация – звук изменяется в зависимости от размеров и формы помещений, что делает восприятие окружающей среды более реалистичным;

– масштабируемая громкость – звуки в игре адаптируются к расстоянию и типу местности, например, выстрел в лесу будет звучать иначе, чем выстрел в узком коридоре.

Звуковая система в Counter-Strike 2 приближена к физической модели, но остается условной: хотя в игре реализованы такие эффекты, как реверберация [4] и затухание, распространение звука остается идеализированным и не учитывает сложные препятствия, многослойную акустику или дифракцию [5].

Таблица 1 – Сравнение двух игр на основе аргументов исследования

Аргументы	Counter-Strike 2	Hunt: Showdown 1896
Распространение звука	Звук распространяется равномерно от источника, не учитывая толщину стен.	Звук ослабевает при прохождении через материалы.
Дифракция звука	Звук либо полностью слышен, либо заглушен за препятствием.	Низкие частоты огибают углы, высокие быстрее затухают.
Реверберация	Статическая, зависит от заранее заданных зон, тип поверхности не влияет.	Динамическое эхо учитывает форму и материал объектов и зависит от окружения.
Акустическое затенение	Объекты либо пропускают звук, либо полностью его блокируют.	Объекты частично приглушают звук в зависимости от структуры, добавляя дополнительные призвуки.

Таким образом, Counter-Strike 2 применяет игровую модель звука, которая удобна для соревновательного геймплея, но не является физически точной. Это важное ограничение, которое следует учитывать при анализе реалистичности звуковой среды в играх. В Counter-Strike 2 звук сделан игровым, а не физическим. Разработчики Valve выбрали удобную, но упрощенную модель, которая делает звук предсказуемым для киберспортивных матчей. В Hunt: Showdown 1896 звук работает приближенно к реальному миру: он отражается, огибает углы, теряет частоты при прохождении через препятствия. Это делает игру сложнее, но глубже тактически.

Список использованных источников:

1. Проблемы и ограничения звуков в играх / URL: <https://sky.pro/wiki/gamedev/problemy-i-ogranicheniya-zvukov-v-igrah/>
2. Binaural Audio in Hunt: Showdown / URL: <https://www.huntshowdown.com/news/binaural-audio-in-hunt-showdown>
3. О физической сущности эффекта Доплера / URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-fizicheskoy-suschnosti-effekta-doplera/viewer>
4. Реверберация: что это и какие бывают виды / URL: <https://unitsolutions.ru/blog/terminologiya/reverberacziya-chto-eto-i-kakie-byvayut-vidy>
5. Дифракция / URL: <https://elementy.ru/trefil/21126/Difraktsiya>