**Определение, как с помощью стереонаушников можно сообщить информацию об объекте в пространстве (местоположение/смещение объекта относительно наблюдателя, размер объекта, ракурс осмотра, ...).**

Хоть человеческая слуховая система и оборудована всего лишь двумя звуковыми приёмниками, мы, с той или иной степенью точности, способны определять положение звуковых источников, находящихся в любом направлении. Это возможно благодаря комбинации трёх основных методов: анализ фазовых и временных различий, анализ различий уровня и спектральный анализ.

**Первый** «метод» использует разницу в прибытии звука в каждое ухо. Звуковой волне требуется примерно 3,4 мс, чтобы преодолеть расстояние 1 метр. Таким образом, если источник не находится непосредственно спереди или сзади, волна придёт к одному уху чуть позже, чем к другому. Среднее расстояние между ушами взрослого человека – 15 см. Поэтому, наибольшее различие между прибытиями звуковой волны – 0,5 мс. На практике, большинство людей способно определять положение источника (в горизонтальной плоскости по фронтальному направлению) с точностью до 2°. Это соответствует различию во времени менее чем 0,01 мс.

Чтобы точно определить это время, мозг использует в качестве контрольной точки богатый переходными процессами (транзиентами) фронт звуковой волны. Обычно, большинство звуков содержит много подобной переходной информации, что и даёт возможность вычислять изменения во времени прибытия. А вот если звук не содержит переходных процессов, различие не может быть вычислено. Это доказано экспериментально: люди не могли определить месторасположение источника непрерывного тонального сигнала.

Различия во времени дают информацию о том, где относительно головы расположен источник – слева или справа. Но они ничего не говорят о том, находится ли он спереди или сзади. Звуковые волны от источника, находящегося под углом 45° (спереди справа) прибывают с такой же временной разницей, что и от источника под углом 135° (сзади справа). Эта двусмысленность решается при помощи маленьких неосознаваемых движений головы. Слегка вращая и наклоняя её, мы изменяем время прибытия к каждому уху. Например, если источник находится впереди, то вращая голову вправо, мы уменьшаем различие во времени прибытия, а если сзади – увеличиваем.

Если Вы не способны двигать головой, то практически невозможно сказать, спереди или сзади находится звуковой источник. Это может быть причиной, почему многие люди с трудом воспринимают достоверность фронтальных звуков при прослушивании в наушниках бинауральных записей: движения головы не предоставляют дополнительной информации о времени прибытия, и поскольку Вы не видите источник перед собой, то мозг решает, что он должен быть сзади.

Если механизм определения задержки полагается на транзиенты, которые, в основном, состоят из высокочастотных компонентов, то как мы можем определять местонахождение низкочастотных источников? Для этого используется различие фазы между звуками, достигающими каждого уха. Фазовые различия, обусловленные габаритными размерами головы, становятся неоднозначными для частот выше 2 кГц, поскольку, обегая вокруг головы, звуковые волны получают смещение, большее, чем 360°. Таким образом, смещение 20° будет интерпретироваться точно так же, как 380, 740 или 1100 градусов. Однако, у низких частот звуковая волна является настолько длинной, что продолжительность пути вокруг головы перестаёт иметь значение, и на первую роль выходят фазовые различия.

**Второй механизм**, используемый для задач звукопеленгации – анализ различий интенсивности звуков, попадающих в оба уха. Интенсивность уменьшается с расстоянием, и это падение составляет примерно 6 dB с каждым удвоением «пробега». Однако, только лишь один этот факт имеет небольшую ценность, поскольку расстояние между ушами обычно намного меньше, чем расстояние между источником и каждым ухом. Таким образом, различия уровня, обнаруженные ушами, будут чрезвычайно малы. К примеру, источник, находящийся на расстоянии 4 метра и смещённый на 30° (в любую сторону), создаст между ушами различие уровня всего лишь 0,2 dB, что совершенно не обнаружимо человеческим слухом.

Тем не менее, здесь на помощь приходит ещё одно полезное акустическое свойство. Когда длина волны меньше, чем габариты объекта, помещённого на её пути, то возникает такое явление, как «звуковая тень»: область за объектом с резко пониженной интенсивностью звука. Наша голова создаёт звуковую тень для частот выше 2 кГц, и это усиливает различия уровня для любого источника, не находящегося непосредственно впереди, сзади или сверху. Эффект затенения усиливается с увеличением частоты, достигая примерно 20 dB в области 15 кГц. Кроме того, в частотах выше 7 кГц, ушные раковины создают тень для звуков, прибывающих сверху и сзади. Опять же, маленькие неосознанные движения головой помогают усилить информацию о направлении, полученную при помощи анализа этих высокочастотных теневых эффектов. Поворачивая голову, мы увеличиваем или уменьшаем теневой эффект для каждого уха.

**И последнее** оружие в нашем арсенале – это спектральный анализ. Человеческая слуховая система способна выявлять определённые пики и провалы в спектре полученных звуков, вызванные гребенчатой фильтрацией в результате интерференции со звуковыми волнами, отражёнными от наружного уха и плеч. Форма этой фильтрации зависит не только от источника, но, что более важно, от особенностей строения наружного уха. Таким образом – это очень «личный» механизм пеленгации, и одна и та же форма спектра у разных людей может обозначать совершенно разные направления. Эта техника не особенно точна, но она реально помогает удалить двусмысленности в других механизмах.  
  
http://juju.su/adblog/325/как-мы-слышим-стерео/  
  
Человек может воспринимать пространственное положение источника звука. Кстати, слово 'стерео' на языке оригинала, к сожалению не помню на каком, означает что-то вроде 'полный'. Есть два принципа стерео - восприятия, которые соответствуют двум принципам передачи звуковой информации из уха в мозг (об этом см. выше).

Первый принцип - для частот ниже 1 кГц, которых слабо волнуют препятствия в виде человеческой головы - они просто огибают её. Эти частоты воспринимаются ударным способом, передавая в мозг информацию об отдельных звуковых импульсах. Временное разрешение передачи нервных импульсов позволяет использовать эту информацию для определения направления звука - если звук в одно ухо приходит раньше другого (разница порядка десятков микросекунд), мы можем засечь его расположение в пространстве - ведь запаздывание происходит из-за того, что звуку пришлось пройти еще дополнительно расстояние до второго уха, затратив на это какое-то время. Этот фазовый сдвиг звука одного уха относительно другого и воспринимается как информация, позиционирующая звуки.

И второй принцип - используется для всех частот, но в основном - для тех, что выше 2 кГц, которые отлично затеняются головой и ушной раковиной - просто определение разницы в громкости между двумя ушами.

Для стерео - восприятия во всех частотах важна громкость правого и левого канала, а в частотах где это возможно, до 1 - 2 кГц, дополнительно оцениваются и относительные фазовые сдвиги. Дополнительная информация - подсознательный поворот головы и мгновенная оценка результатов.

Фазовая информация в районе 1 - 4 кГц имеет приоритет над разницей в громкости, хотя определенная разница уровней перекрывает фазовую разницу, и наоборот. Не совсем соответствующие или прямо противоречивые данные (например - правый канал громче левого, однако запаздывает) дополняет наше восприятие окружения - ведь эти несоответствия рождаются из окружающих нас отражающих/поглощающих поверхностей. Таким образом, в очень ограниченном объеме воспринимается характер помещения, в котором находится человек. Этому также помогают общие для обоих ушей фазовые вариации огромного уровня - задержки, эхо и реверберация.  
  
<http://websound.ru/articles/theory/ear.htm>\*Транзиенты: Это очень короткие и громкие звуки, содержащие сильные высокочастотные компоненты , и они значительно громче, чем основное тело звука.