



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАЩИТЫ ПОМЕЩЕНИЯ ОТ УТЕЧЕК РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Дубинский Егор Игоревич

студент, МИРЭА — Российский технологический университет, РФ, г. Москва

Большое количество конфиденциальной информации передается голосом, и противник, будь то конкуренты вашей фирмы или враги государства, могут попытаться завладеть этой информацией. Соответственно для конфиденциальных переговоров нужны специальные защищенные помещения.

В данной статье приведены некоторые методы оценки разборчивости речи (РР) которые можно использовать для оценки защищенности помещения от утечек. Эти методы применимы для оценки утечек по физическим каналам и не подходят для технических.

Для начала определимся какие существуют типы методов. Методы оценки РР делятся на формантные, модуляционные и эмпирические. Формантные методы оценки РР основаны на разбиении спектра речи на полосы частот, в общем случае, произвольной ширины (октавных, третьоктавных, равноартикуляционных и т.п.), в пределах каждой из которых плотность вероятностей формант можно считать неизменными, а РР оценивается для разных соотношений сигнал/шум.

Форманты – это такие области в спектре речи, где концентрация энергии максимальна. Впервые формантный подход был предложен еще в 1929 году Д. Коллардом. Он прочно держал свои позиции до 70-х, пока не был предложен модуляционный подход, позволяющий учесть не только шумовую, но и реверберационную помеху, эхо и нелинейные искажения.

Следом идут модуляционные методы оценки. Эти методы основаны на представлении речевого сигнала в виде свертки импульсной характеристики звукового сигнала источника с импульсной характеристикой голосового тракта. Речевой сигнал в данных методах представляется как широкополосный сигнал с полосой 125 – 8000 Гц, который модулируется другим сигналом низкой частоты. Частота модуляции определяется скоростью, с которой человек произносит форманты. При обычной речи частоты модуляции находятся в диапазоне от 0.5 до 16 Гц. Уменьшение глубины модуляции делает речь более похожей на шум, а, следовательно, падает ее разборчивость.

На постсоветском пространстве используются различные версии формантного метода, среди которых наибольшее распространение получила версия Н.Б.Покровского. Оценивая формантную (артикуляционную) разборчивость речи, всю анализируемую область частот разбивают на K смежных частотных полос, с центральными частотами и граничными частотами $f_{c1}, f_{c2}, \dots, f_{cK}$ и $f_{g1}, f_{g2}, \dots, f_{gK}$, в пределах каждой из которых спектры речи и шума, а также плотность вероятностей формант, можно считать практически неизменными. А разборчивость на всем диапазоне считается как сумма разборчивостей на каждой частотной полосе.

На западе используются другие методы. Наиболее популярными являются индекс артикуляции (Articulation Index - AI) и индекс разборчивости речи (Speech Intelligibility Index SII). В рамках Articulation Index считается, что разборчивость речи пропорциональна средней разности между пиковым уровнем речи и эффективным уровнем маскирующего шума. Формально она схожа с версией Покровского, но отличается от него другой функцией коэффициента восприятия, который схож с коэффициентом в алгоритме Сапожкова. Начиная с 1984 года, вычислительная схема индекса артикуляции AI неоднократно подвергалась усовершенствованиям в работах, что привело к появлению версии, стандартизованной в ANSI S3.5-1997 [4] и названной индексом разборчивости речи (SII). Измерение разборчивости по методу SII осуществляют аналогично методу AI, поэтому неудивительно, что соответствующие значения индексов разборчивости мало отличаются численно, находясь в линейной зависимости.

Современные отечественные методы не уступают зарубежным в точности и в линейности выходных значений и пригодны для использования их для оценки защищенности. Переходим к модуляционным методам. В России они не получили должного развития и поэтому рассматривать мы будем исключительно западные методы. Наиболее популярным является метод STI и его вариации RASTI ((быстрый STI), STITEL (STI для телекоммуникационных систем) и STIPA (STI для систем звукоусиления). При использовании метода STI возможность одновременного учета шумовой и реверберационной помех обеспечивается специальным выбором тестового сигнала в виде шума со спектром, идентичным спектру долговременной речи. Этот шум в каждой октавной полосе частот модулируется периодическим сигналом таким образом, чтобы огибающая мгновенной мощности сигнала имела форму синусоиды.

Метод RASTI представляет собой сокращенную версию метода STI. Как и метод STI, метод RASTI позволяет учесть реверберационную помеху. Испытательный сигнал упрощен: количество 1/1 октавных полос сокращено до двух, с центральными частотами 500 Гц и 2 кГц. При таком подходе полоса пропускания ограничена и, следовательно, фоновый шум с нерегулярным спектром и нелинейные искажения не учитываются корректно. Тем не менее, метод RASTI может использоваться для прикидочной диагностики помещений. Метод STIPA – модификация метода STI для систем звукоусиления (public address systems), позволяющая учитывать не только реверберацию, но и нелинейные искажения звука в помещениях. Испытательный сигнал упрощен в том смысле, что в каждой из семи октавных полос используют только две частоты модуляции. В остальных отношениях метод STIPA идентичен методу STIr.

В методе STITEL применяется только одна частота модуляции в каждой из семи 1/1 октавных полос. Несущий шум для каждой 1/1 октавной полосы имеет ширину спектра 1/2 октавы, во избежание влияния на смежные полосы. Метод STITEL не позволяет учитывать реверберационную помеху и нелинейные искажения. Наиболее подходящим для наших задач является стандартный метод STI так как он более точный для этих задач. Эмпирические методы не пригодны для самостоятельной работы в оценке защищенности так как они не учитывают шумовые помехи. В связи с этим мы не будем их рассматривать. В результате мы имеем несколько методов пригодных для оценки защищенности, они могут работать как самостоятельно, так и в сочетании.