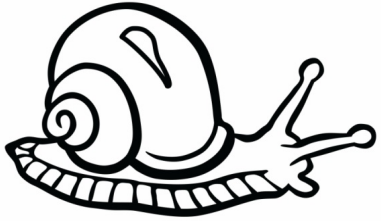
Voice Activity Detection

П. А. Холявин

p.kholyavin@spbu.ru

24.10.2024



Определение пауз (Praat)

1. Вычисление контура интенсивности

2. Интервалы над и под заданным порогом отмечаются как речь и пауза соответственно

3. Короткие звучащие интервалы убираются

4. Короткие паузы убираются

По умолчанию:
порог = -25 dB
минимальный звучащий интервал = 0.1 с
минимальная пауза = 0.1 с

Voice Activity Detection

1. Извлечение признаков

2. Принятие решения

А какие могут быть признаки?..

Voice Activity Detection

1. Спектральная мощность
2. Соотношение сигнал/шум (SNR)
3. Zero-crossing rate
4. Автокорреляция
5. Спектральная энтропия
6. Формантная структура
7. Стационарность
8. Темпоральная структура (периодические изменения энергии)

Voice Activity Detection (Praat)

Y. Ma & A. Nishihara (2013): "Efficient voice activity detection algorithm using long-term spectral flatness measure.", EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing, 2013:21

Long-term spectral flatness measure (LSFM)

LSFM высокий → спектр однородный (шум)
LSFM низкий → спектр неоднородный

Voice Activity Detection (Praat)

N_w, N_{sh} – длина окна и шаг (в отсчётах)

R – количество окон для анализа (“длинное” окно)

M – количество окон для вычисления мгновенного спектра

X(p, f_k) – значение спектра Фурье в окне p и частоте fk (с окном Ханна)

Обрабатываемые частоты – от 500 до 4000 Гц

(*вопрос: как, имея ЧД и размер окна ДПФ, определить номер отсчёта для частоты 500 Гц?*)

1. Спектр по методу Уэлча-Бартлетта:

$$S(n, f_k) = \frac{1}{M} \sum_{p=n-M+1}^{n} |X(p, f_k)|^2$$

Voice Activity Detection (Praat)

2. Среднее геометрическое по всем S в “длинном” окне

$$GM(m, f_k) = \sqrt[R]{\prod_{n=m-R+1}^{m} S(n, f_k)}$$

3. Среднее арифметическое по всем S в “длинном” окне

$$AM(m, f_k) = \frac{1}{R} \sum_{n=M-R+1}^{m} S(n, f_k)$$

Voice Activity Detection (Praat)

4. Вычисление LSFM

$$L_x(m) = \sum_k \log_{10} \frac{GM(m, f_k)}{AM(m, f_k)}$$

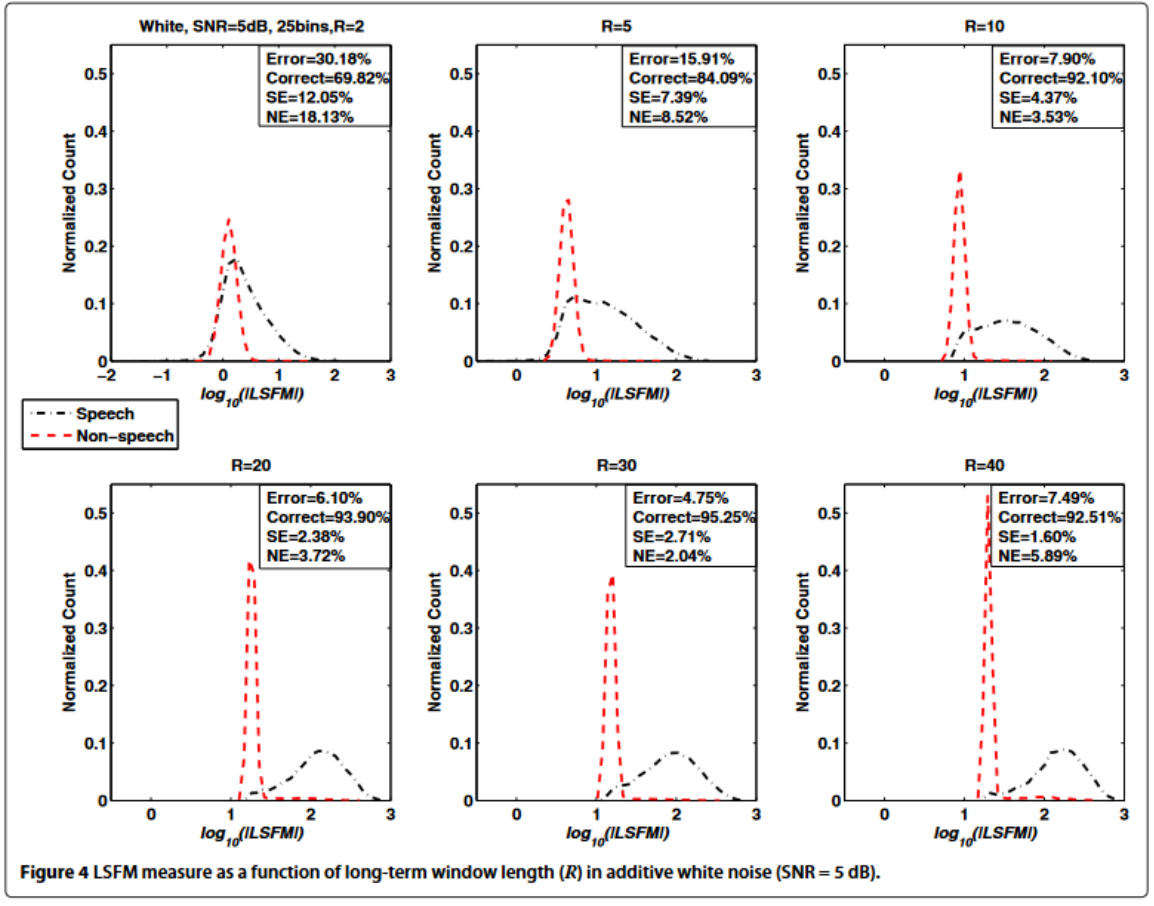


Figure 4 LSFM measure as a function of long-term window length (R) in additive white noise (SNR = 5 dB).

Voice Activity Detection (Praat)

5. Собственно алгоритм

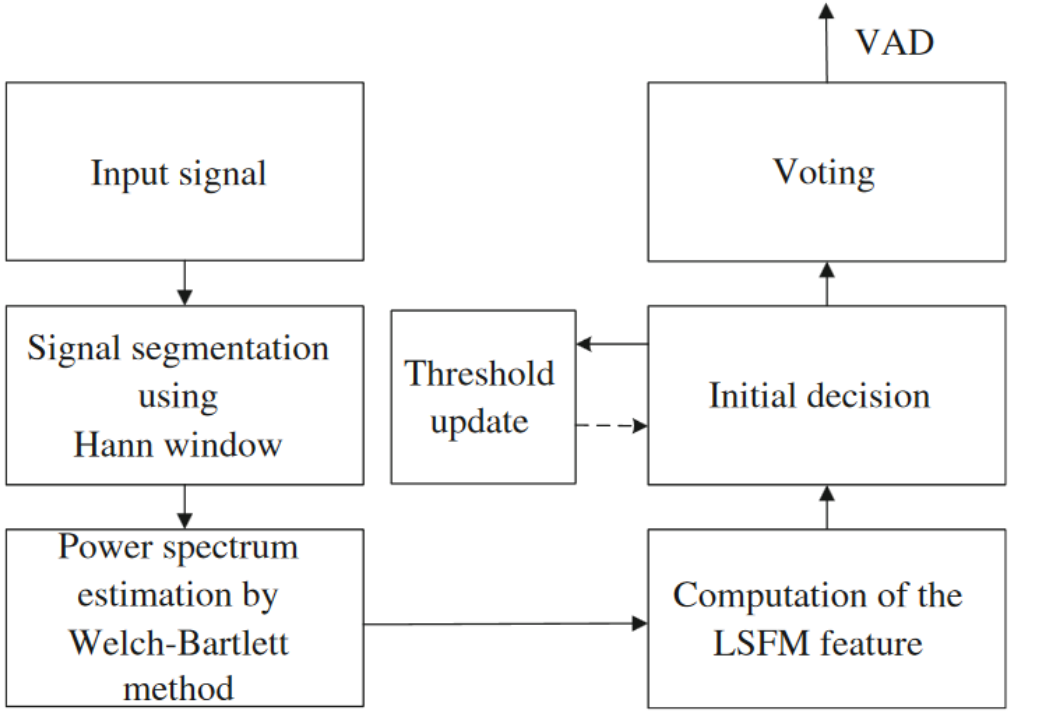


Figure 9 Block diagram of the proposed LSFM-based VAD algorithm.

Voice Activity Detection (Praat)

5.1. Первая часть сигнала (1.39 с для R = 30 и M = 10) считается неречевой.

5.2. Значение порога вычисляется как $\min(L_x)$ на этом промежутке

5.3. На каждом окне m (N_w = 20 мс, N_{sh} = 10 мс) обновляем порог следующим образом:
1) берём $\min(L_{speech})$ за последние 100 “длинных” речевых окон
2) берём $\max(L_{non\text{-}speech})$ за последние 100 “длинных” неречевых окон
3) складываем их с коэффициентами λ и 1–λ соответственно (λ = 0.55)

5.4. Для каждого окна получаем предварительные решения $V_{INL}(m)$: если в предыдущих R окнах есть хотя бы одно речевое окно, $V_{INL}(m) = 1$, иначе 0

Voice Activity Detection (Praat)

5.5. Делим сигнал на целевые промежутки = Nsh

5.6. Для каждого промежутка определяем, какие окна пересекаются с ним, и для каждого из них собираем $V_{INL}(m)$, $V_{INL}(m + 1)$, …, $V_{INL}(m + R – 1)$

5.7. Если среди собранных значений 80% речевые, отмечаем промежуток как речь

5.8. Иначе отмечаем его как паузу

Voice Activity Detection (Praat)

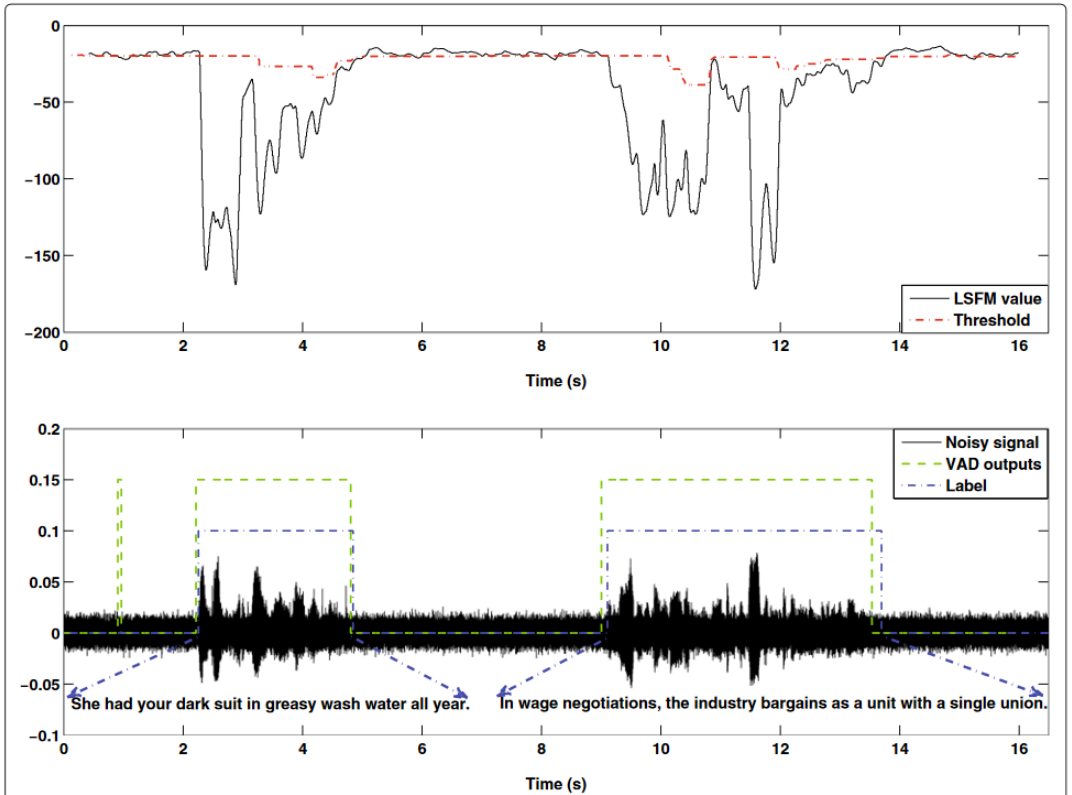


Figure 10 Illustrative example of the adaptive threshold and the VAD output, white noise, SNR = 0 dB. The upper figure shows the LSFM value and the corresponding adaptive threshold for each frame. The lower figure shows the VAD output decisions and the ground truth, namely 'Label'. The two sentences are as follows: (1) She had your dark suit in greasy wash water all year; (2) in wage negotiations, the industry bargains as a unit with a single union.

Оценка

1. Accuracy rate:

а) CORRECT – доля правильно принятых решений
б) speech hit rate (HR1) – доля правильно определённых речевых фрагментов
в) non-speech hit rate (HR0) – доля правильно определённых неречевых фрагментов

2. Error rate:

а) Front-end clipping (FEC) – начало речи, определённое как шум
б) Mid-speech clipping (MSC) – фрагмент в середине речи, определённый как шум
в) Noise detected as speech (NDS) – определение речи внутри паузы
г) Carry over (OVER) – шум после конца речевого фрагмента, определённый как речь

Оценка

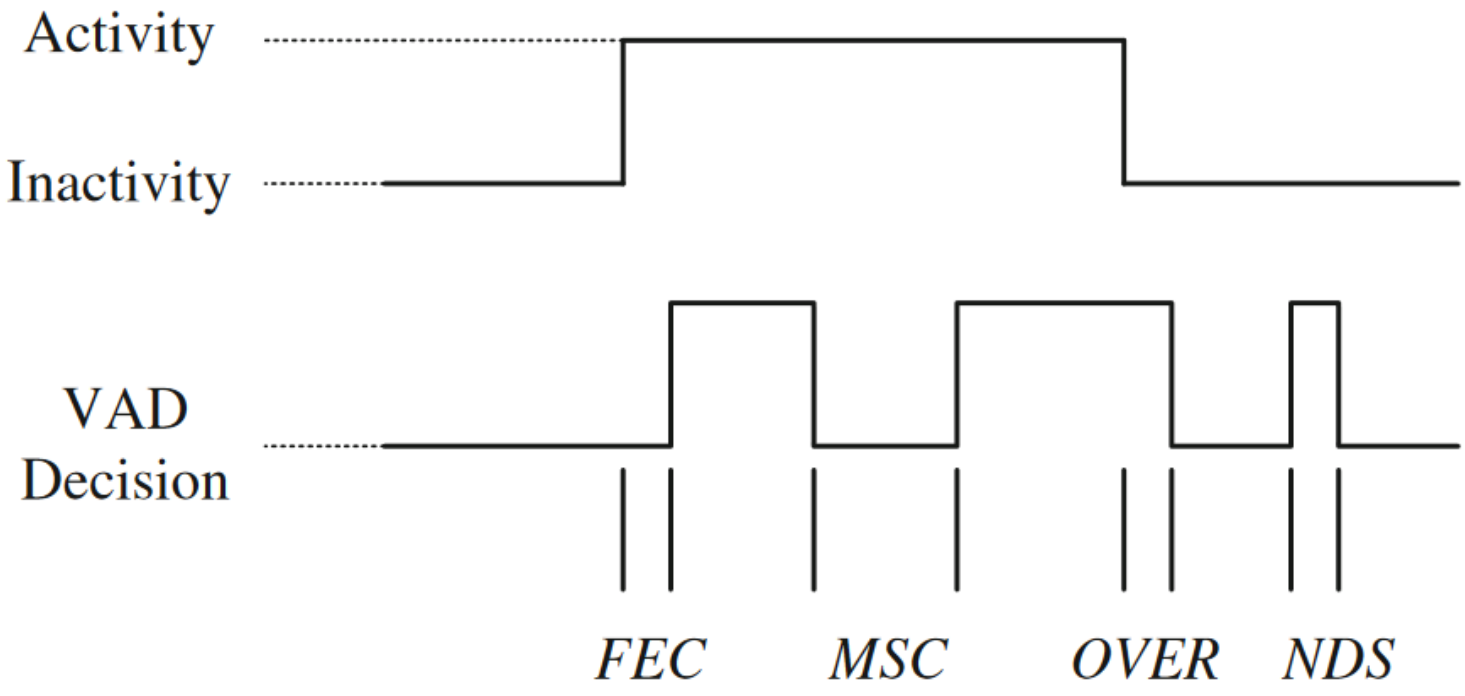


Figure 15 Objective parameters for performance evaluation.

Спасибо за внимание!