

МЕТОДИ ПРОТИДІЇ НЕСАНКЦІОНОВАНОМУ ДОКУМЕНТУВАННЮ МОВИ

Шкопотко П.М., Олейніков А.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Актуальність захисту мовної інформації від несанкціонованого документування зростає через поширення високотехнологічних засобів акустичної розвідки, таких як мініатюрні диктофони, радіозакладки та лазерні системи [1, 2].

Метою дослідження є систематизація та аналіз ефективності сучасних методів протидії несанкціонованому документуванню мови. В доповіді розглядається класифікація методів за принципом впливу на засіб документування: фізичне придушення, функціональне придушення, виявлення та нейтралізація.

До акустичних методів належить створення маскуючих звукових завад, таких як білий шум, рожевий шум та найефективніша – мовоподібна завада («багатомовний гомін»).

Ефективність визначається зниженням індексу артикуляції та співвідношенням сигнал/шум (С/Ш) на вході мікрофона. Критичним параметром є відстань між джерелом завади та потенційним диктофоном, оскільки за законом зворотних квадратів наближення джерела завади до цілі дозволяє значно підвищити рівень завади при зменшенні загальної потужності [2, 3].

Електромагнітні методи спрямовані на придушення радіоканалів передачі даних шляхом постановки завад (jamming). Ефект досягається за рахунок детектування модульованого ВЧ-сигналу на нелінійних елементах схеми пристрою, що генерує низькочастотну заваду безпосередньо в аудіотракті, знижуючи співвідношення С/Ш [1]. Ефективність цих методів різко падає для добре екранованих пристроїв.

Ультразвукові методи поділяються на два типи. Одночастотний метод полягає у випромінюванні потужного ультразвукового сигналу, який сприймається мікрофоном та призводить до спрацьовування системи автоматичного регулювання підсилення (АРП) диктофона. АРП, сприймаючи потужний сигнал як перевантаження, знижує коефіцієнт підсилення всього тракту, тим самим приглушуючи корисний мовний сигнал. Двочастотний метод ґрунтується на одночасному випромінюванні двох ультразвукових сигналів з близькими частотами.

Внаслідок нелінійних властивостей вхідних каскадів підсилювача відбувається нелінійне перетворення цих частот із виділенням різницевої частоти, яка потрапляє в аудіодіапазон і створює ефективну заваду, що накладається на корисний сигнал [1, 4].

Найперспективнішим є модифікований акустичний метод, що поєднує адаптивне керування, спектральний аналіз та активний компенсувальний вплив. Він аналізує акустичну обстановку в реальному часі, виявляє активність

мови за допомогою VAD (Voice Activity Detection) та формує цільову заваду, спектр якої зосереджений на формантних частотах поточної мови. Це забезпечує високу ефективність при мінімальній потужності та психологічному дискомфорті, а також ускладнює роботу систем автоматичного розпізнавання мови (ASR) [1, 5].

Для оцінки ефективності методів запропоновано використовувати комплекс об'єктивних метрик, зокрема PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality) для прогнозування суб'єктивної якості та STOI (Short-Time Objective Intelligibility) для оцінки розбірливості. Експериментальні дослідження, проведені для різних дистанцій між джерелом завади та диктофоном, підтверджують, що зменшення відстані значно підвищує ефективність придушення.

Зокрема, на відстані 0,5 м розбірливість мови, оцінена за STOI, падала до рівня неприйнятної для розуміння (менше 0,3), тоді як на відстані 2 м цей показник був значно вищим. Це підтверджує важливість мінімізації відстані "джерело завади - ціль" для підвищення енергетичної ефективності комплексних систем захисту.[5]

Найбільш ефективним є комплексний захист, що поєднує методи різної фізичної природи.

Серед активних методів адаптивні акустичні методи, такі як модифікований акустичний та цільові ультразвукові, демонструють найкращі результати щодо зниження якості та розбірливості несанкціонованого запису, особливо при забезпеченні мінімальної відстані до захищеної зони.

Подальші дослідження перспективні у напрямку розвитку інтелектуальних систем, здатних адаптивно формувати заваду на основі аналізу параметрів мовного сигналу та характеристик середовища.

Список літератури

1. І.Є. Антіпов, А.М. Олейніков, Ю.В. Ликов, В.Д. Кукуш, І.О. Милотченко. Засоби та системи технічного захисту інформації: Навчальний посібник для студентів ЗВО / Харків: ХНУРЕ, 2019. – 216 с.
2. Олейніков, А. М. Математичне моделювання акустичного каналу витоку мовної інформації / А. М. Олейніков, О. М. Широкий // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – Харків, 2014. – Вип. 177. - С. 161 - 171.
3. Fielder, G. D. Acoustical and Vibrational Methods of Information Protection / G. D. Fielder // Journal of the Audio Engineering Society. – 1998. – Vol. 46, No. 7/8. – P. 652–665.
4. Гоков О.М. Фізичні основи технічних засобів розвідки: навчальний посібник / О.М. Гоков. – Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2022. – 255 с.
5. ITU-T Recommendation P.862: Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): An objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs. – International Telecommunication Union, 2001.