

Zagadnienie Zrozumiałości Mowy
Oraz Normy Systemów Przeciwpowozarowych

Kenneth Jacob
Główny inżynier, Bose® Professional Systems

Zagadnienie Zrozumiałości Mowy Oraz Normy Systemów Przeciwpożarowych

Kenneth Jacob
Główny inżynier, Bose® Professional Systems

Podsumowanie

Główne międzynarodowe, europejskie oraz północnoamerykańskie normy dotyczące systemów przeciwpożarowych nakładają na dźwiękowe systemy ostrzegawcze obowiązek, aby spełniały pewne, minimalne wymagania związane z poziomem zrozumiałości mowy. Nowe normy i standardy zrodziły zapotrzebowanie na informacje o podstawach zrozumiałości oraz na przyrządy umożliwiające badanie systemów pod tym kątem – przy oddawaniu do użytku, a także w razie okresowych testów w czasie użytkowania systemu.

W tym artykule opisane są podstawowe informacje o zrozumiałości mowy, w tym czynniki wpływające na zrozumiałość w typowych sytuacjach. Dodatkowo omówione są różne metody pomiaru zrozumiałości mowy, w tym techniki przewidywania zrozumiałości w czasie projektowania i przed instalacją systemu. Na koniec przedstawione są praktyczne rozważania dotyczące sytuacji, którym pracownicy będą musieli stawić czoło przy spełnianiu wymagań.

Spis treści

0. Wprowadzenie	5
1. Czynniki wpływające na zrozumiałość dźwiękowych systemów ostrzegawczych	5
2. Metody pomiaru zrozumiałości mowy	7
3. Zrozumieć Speech Transmission Index	11
4. Zastosowania praktyczne	15
5. Koszty zrozumiałości	21
6. Specjalne uwarunkowania dla unikalnych środowisk	23
7. Rekomendowane rozszerzenia do norm, standardów i zastosowań	23
8. Wnioski	24

0. Wprowadzenie

Przeznaczeniem dźwiękowych systemów ostrzegawczych jest informowanie i instruowanie użytkowników budynku w przypadku sytuacji wyjątkowych. Ich wykorzystanie bierze się z mocnych dowodów w dwóch obszarach: 1) użytkownicy budynku często ignorują alarmy dźwiękowe oraz wizualne, ale są posłuszni komendom głosowym oraz 2) alarmy nie są w stanie przekazać większej ilości informacji (włączony/wyłączony), podczas gdy głos może zostać wykorzystany do dostarczenia szerokiego zakresu komunikatów.

Aby dźwiękowy system ostrzegawczy był efektywny, musi być zrozumiały. W rzeczy samej, można udowodnić, że dobra zrozumiałość jest jedną z najistotniejszych cech dobrego systemu. Jest mało prawdopodobne, że użytkownicy budynku zachowają się zgodnie z oczekiwaniami, gdy zrozumiałość będzie niska. Może dojść nie tylko do paniki, ale także do zachowań odwrotnych od zamierzonych, jak rozpoczęcie ewakuacji, gdy wszyscy powinni zostać na miejscach

Dla wielu osób zagadnienia zrozumiałości mowy są stosunkowo nowe. Na szczęście, w ciągu ostatnich 25 lat, na tym polu działo się bardzo wiele, zarówno od strony naukowej, jak i komercyjnej. Istnieje dziś kilka udowodnionych metod pomiaru zrozumiałości. Istnieją narzędzia do przewidywania zrozumiałości na etapie projektowania oraz do jej pomiaru w gotowych instalacjach. Know-how jest dostępny i gotowy do zastosowania dla firm zajmujących się systemami nagłośnieniowymi.

Artykuł wykorzystuje lata badań naukowych oraz doświadczeń handlowych, aby pozwolić czytelnikowi na podstawową ocenę i docenienie zrozumiałości mowy. Celem jest zapewnienie teoretycznych (ale nie nazbyt technicznych) podstaw, razem z rozważaniami praktycznych zastosowań z którymi może się spotkać fachowiec przy spełnianiu wymagań właściwej zrozumiałości w swojej pracy.

1. Czynniki wpływające na zrozumiałość dźwiękowych systemów ostrzegawczych

Zrozumiałość mowy nie jest fizyczną wartością jak ampery, wolty czy BTU. Jest to miara stopnia, w jakim rozumiemy język mówiony, i jako taka jest skomplikowanym zjawiskiem uzależnionym od wielu zmiennych.

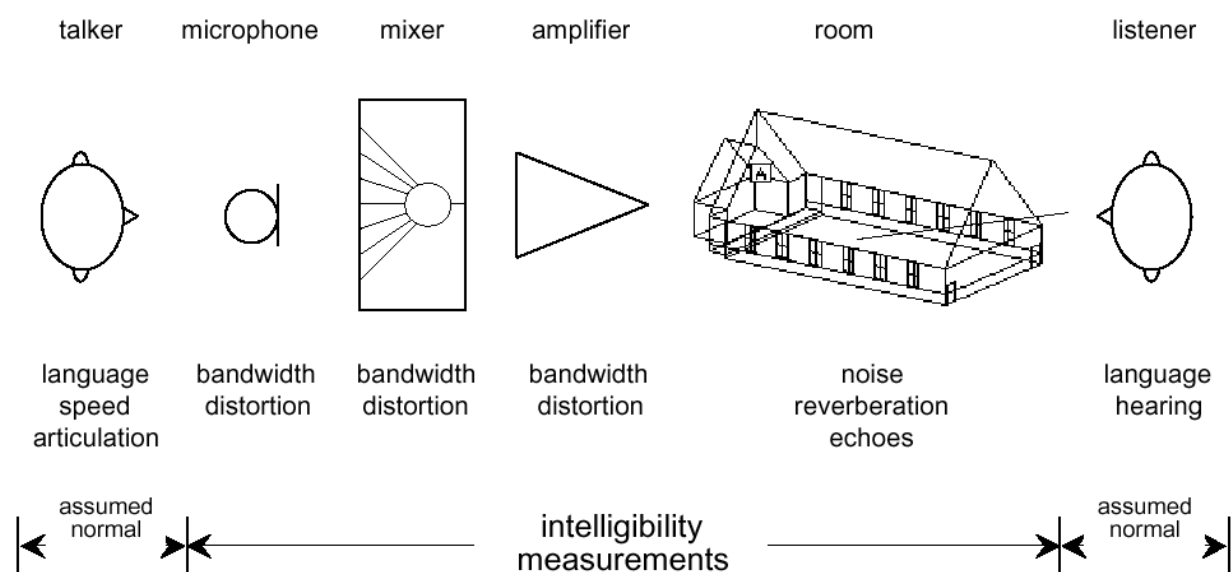
1.1 Słyszalność nie oznacza zrozumiałości

Mowa nie jest zrozumiała tylko dlatego, że jest słyszalna. Odpowiedni poziom dźwięku jest warunkiem koniecznym, ale niewystarczającym dla dobrej zrozumiałości. Tak jak oświetlenie rozmazanego tekstu nie uczyni go bardziej czytelnym, większa głośność mowy, która została zakłócona przez pogłos, echo, czy zniekształcenia nie spowoduje, że będzie bardziej zrozumiała. Wystarczająco głośny, ale obciążony pogłosem sygnał może być całkowicie niezrozumiały, czemu mogą poświadczyć użytkownicy wielu lotnisk, dworców czy miejsc kultu.

Ten zasadniczy fakt – że słyszalność nie równa się zrozumiałości – wyjaśnia dlaczego NFPA i pozostałe organizacje na całym świecie podjęły ważny wysiłek w kierunku utworzenia oddzielnych wymagań dotyczących zrozumiałości.

1.2 Droga transmisji nadawca – odbiorca

Aby zrozumieć podstawowe czynniki wpływające na zrozumiałość, dobrze jest rozważyć drogę transmisji nadawca – odbiorca jako system, jak przedstawiono na poniższym schemacie.



W przypadku standaryzowanych metod pomiaru zrozumiałości, droga transmisji jest badana przy przyjęciu pewnych założeń dotyczących zarówno nadawcy, jak i odbiorcy. Na przykład, przyjmuje się, że nadawca mówi bez akcentu lub wad wymowy. Uważa się, że mówi w normalnym tempie i z normalną intonacją. Podobnie, przyjmuje się, że odbiorca nie ma wad słuchu oraz zaburzeń związanych ze zdolnościami językowymi.

To podejście jest podobne do tego, jak testowane są osiągi samochodów. Przyjmowane są założenia dotyczące warunków drogowych, umiejętności kierowcy itd. Te zmienne są ustalone, aby możliwe były pomiary możliwości samego samochodu. W przypadku zrozumiałości, ustalani są nadawca i odbiorca, aby zmierzyć jakość drogi transmisji sygnału pomiędzy nimi. W obu przypadkach, rzeczywista jakość (osiągi czy zrozumiałość) będą odmienne, szczególnie gdy założenia nie mogą być spełnione w praktyce.

Istnieją sytuacje, gdzie wiadomo *a priori*, że nie dla wszystkich odbiorców język nadawcy będzie językiem rodzimym – na przykład port lotniczy. Analogicznie, są sytuacje gdzie należy uwzględnić naturalne przytępienie słuchu spowodowane wiekiem, jak w przypadku domów opieki. W tych sytuacjach, sytuacjach także podobnych, podjęte muszą być specjalne starania, aby zapewnić odpowiedni poziom zrozumiałości mowy. (Ten temat opisany jest w sekcji 6). Ale w zdecydowanej większości zastosowań, wystarczające jest przyjęcie standardowych umiejętności nadawcy i odbiorcy oraz wspólnego języka.

1.3 Treść i dostarczenie wiadomości

Temat zrozumiałości mowy nie obejmuje treści ani przesłania samego komunikatu, co jest mimo wszystko bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na całkowitą efektywność (ale nie zrozumiałość) dźwiękowego systemu ostrzegawczego. Fachowcy zajmują się także samymi komunikatami. Idealnie zrozumiały dźwiękowy system ostrzegawczy nie wpłynie odpowiednio na użytkownika budynku, jeśli komunikat jest nieodpowiedni lub dostarczony w niewłaściwy

sposób. Temat treści i dostarczenia wiadomości, choć nie zawiera się w zakresie tego artykułu, zasługuje na to samo zainteresowanie jak temat zrozumiałości.

1.4 Czynniki związane z drogą transmisji „Nadawca – Odbiorca”

Dla przypomnienia, umiejętności nadawcy i odbiorcy przyjmowane są jako normalne dla unormowanych testów zrozumiałości mowy, aby skupić się na zmiennych znajdujących się w drodze transmisji sygnału. Po drugie, zawartość i dostarczenie wiadomości grają bardzo ważną rolę dla *efektywności* dźwiękowego systemu ostrzegawczego, ale nie dla *zrozumiałości*.

A zatem, zmiennymi i czynnikami wpływającymi na zrozumiałość mowy są te, które wpływają na sygnał głosowy od opuszczenia ust nadawcy, do momentu tuż przed dotarciem do kanałów usznych odbiorcy. Czynniki, które mogą zniekształcić sygnał na tej drodze są zebrane poniżej:

- Stosunek S/N mowy. Szum powoduje maskowanie lub przytłumianie sygnału głosowego. Jesteśmy w stanie znieść dużą dawkę szumów w sygnale nim zrozumiałość spadnie znacząco, ale gdy spadek się rozpocznie, jest bardzo gwałtowny.
- Pogłos. Większość z nas wie, jak trudno zrozumieć mowę w otoczeniu pełnym pogłosów, jak katedra czy sala gimnastyczna. Pogłos powstaje z odbić dźwięku, które powodują rozmycie dźwięku, przez co staje się mniej czysty i wyraźny, a przez to mniej zrozumiały.
- Echa. Jeśli echo pojawia się dużo później, niż pierwsze pojawienie się dźwięku, powoduje pogorszenie zrozumiałości. W przypadku ciągłej mowy, echo poprzednio wypowiedzianych sylab ukrywa lub zniekształca brzmienie następnych, czyniąc je trudniejszymi do zrozumienia. Opóźnienie i poziom echa są głównymi zmiennymi wpływającymi na jego stopień uciążliwości.
- Zniekształcenia. Jeśli jeden z elektrycznych lub elektroakustycznych komponentów systemu powoduje zniekształcenia, generuje formę szumu, zniekształcającego oryginalny sygnał. Na przykład obcinanie przez wzmacniacz, może z idealnego sygnału na wejściu uczynić trudnym do zrozumienia na wyjściu.

Aby ściśle określić wpływ tych czynników, muszą być one zmierzone w zakresie rozdzielczości przynajmniej pasma-oktawy. Pojedynczy zakres pomiarowy jest niewystarczający, a rozdzielczość większa niż pasmo-oktawa jest prawie zawsze nieuzasadniona.

2. Metody pomiarów zrozumiałości mowy.

Istnieje kilka metod pomiaru zrozumiałości mowy na drodze transmisji nadawca – odbiorca, które zostały zaaprobowane przez największe międzynarodowe organizacje i są wymienione w dodatku do norm alarmowych systemów przeciwpożarowych (NFPA 72). Niektóre z tych metod bazują na pomiarze wartości fizycznych, jak poziom mowy i szumów tła, podczas gdy inne opierają się na testach subiektywnych, gdzie specjalnie zaprojektowane listy słów są odczytywane i zapisywane przez słuchaczy. Pierwsza klasa zwana jest metodami ilościowymi, druga metodami subiektywnymi. Poniżej znajduje się podsumowanie głównych metod.

- Speech Transmission Index (STI): Metoda ilościowa. Sposób przeprowadzania pomiarów opisany jest w standardzie IEC 60268-16. Zawiera on kilka metod pozwalających na duże oszczędności czasu pomiarów.
- Articulation Index (AI): Metoda ilościowa. Sposób przeprowadzania pomiarów opisany jest w standardzie ANSI S3.5-1969 (Wskaźnik 1986).

- Articulation Loss of Consonants: Metoda ilościowo-subiektywna. Metoda ilościowa została opublikowana, ale żadna z nich nie jest ustandaryzowana.
- Phonetically Balanced World Scores: Metoda subiektywna. Sposób przeprowadzania pomiarów opisany jest w standardzie ANSI S3.2 (1989) oraz ISO/TR 4870.
- Modified Rhyme Test: Metoda subiektywna. Sposób przeprowadzania pomiarów opisany jest w standardzie ANSI S3.2 (1989).

2.1 Metody subiektywne

Metody subiektywne są najczęściej stosowane w badaniach akademickich, lub w rzadkich przypadkach, by rozwiązać dyskusję dotyczącą jakości zainstalowanego systemu audio. Badacze próbujący znaleźć nowy wgląd na to, jak dana zmienna wpływa na zrozumiałość mowy skorzystaliby właśnie z takiej metody.

Metody subiektywne są trudne, nużące oraz drogie. Dla przykładu, aby otrzymać wiarygodne wyniki, należy użyć setek, a nawet tysięcy słów dla danej lokacji. Potrzebni są wyszkoleni nadawcy i odbiorcy. Należy także bardzo uważać na uprzedzenia eksperymentatorów lub podmiotów. Środowisko, w którym przeprowadzany jest test musi być ściśle kontrolowane, co często jest trudne lub niemożliwe do osiągnięcia w systemie oddanym do użytku. Ogólnie rzecz biorąc, przeprowadzanie testów subiektywnych wymaga poziomu umiejętności rzadko spotykanego poza kręgami naukowymi.

Dodatkowo, metody te nie mogą być wykorzystywane w ogóle do przewidywania zrozumiałości na etapie projektowania; jeśli system nie został zainstalowany lub budynek zbudowany, odbiorcy nie mają czego słuchać.

2.2 Nieformalne metody subiektywne

Należy podkreślić, że nieformalne podejście do testów subiektywnych prowadzi w najlepszym przypadku do niedokładnych wyników, a w najgorszym do bardzo mylących. Nie można zmierzyć zrozumiałości mowy dźwiękowego systemu ostrzegawczego, odczytując przez mikrofon gazetę, i prosząc odbiorców o zreferowanie, co usłyszeli. Istnieje wiele problemów przy takim podejściu, spośród których najważniejsze to:

- Ścisła metoda subiektywna kontroluje zmienne, o których wiadomo, że wpływają na zrozumiałość. Na przykład, nadawca w teście subiektywnym nie powinien być znany odbiorcom (i vice versa), ponieważ nie można się spodziewać, że ten warunek będzie spełniony w rzeczywistym systemie. Jeśli odbiorcy znają nadawcę, wyniki zrozumiałości będą zawyżone z powodu znajomości jego dykcji, kadencji, akcentu.
- Potrzebna jest duża ilość odbiorców, aby odpowiednio odwzorować populację. Wykorzystanie jednego lub dwóch podmiotów nie spełnia tego wymagania.
- Potrzeba użyć wystarczającej ilości słów, aby uzyskać rzeczywiste i prawidłowe wyniki; wykorzystanie wyników nieformalnego testu, wykorzystującego tylko kilka słów, oznaczałoby zignorowanie podstaw wykorzystywania danych z natury rzeczy statystycznych.
- Ponieważ zmienne, wpływające na zrozumiałość w testach nieformalnych nie są kontrolowane, wyniki nie są powtarzalne. Dobry test subiektywny musi dawać te same (lub bardzo podobne) wyniki, gdy jest przeprowadzany w podobnych warunkach w różnych miejscach i czasie. Metody nieformalne nie spełniają tego podstawowego warunku.

- W testach nieformalnych bardzo często dużą rolę grają uprzedzenia uczestników. Nadawca, odbiorcy lub jedni i drudzy mają udział w wyniku, i nawet mimo najlepszych intencji pozostania obiektywnymi, ludzie różnią się pomiędzy sobą. Jak wynika z wielu przeprowadzonych badań, uprzedzenia o wiele subtelniejsze, niż spotykane w przypadku takich testów, są w stanie zniekształcić wyniki pomiarów. Zignorowanie tych efektów, to zignorowanie przytłaczających dowodów na zniekształcający wpływ uprzedzeń na wyniki testów.

Naszą intencją nie jest oczywiście zniechęcanie do nieformalnego przesłuchiwania systemów. Wręcz przeciwnie, takie sesje pozwalają na zdobycie intuicji i doświadczenia. Ale wyniki takich testów nigdy nie powinny być używane jako sposób pomiaru zrozumiałości mowy w sposób powtarzalny i prawnie udokumentowany. Jeśli wykorzystana ma być metoda subiektywna, powinna zostać wykorzystana metoda ustandaryzowana, przeprowadzona przez wyszkolonych fachowców.

2.3 Metody ilościowe

Ponieważ testy subiektywne są takie trudne do przeprowadzenia oraz ponieważ testy nieformalne nie dają prawidłowych, powtarzalnych wyników, naukowcy przynajmniej od połowy dwudziestego wieku próbowali wynaleźć metody pomiaru zrozumiałości mowy oparte na pomiarach wielkości akustycznych, w przeciwieństwie do wykorzystania ludzi. Na przykład, naukowcy Bell Laboratories potrzebowali metody testowania zrozumiałości mowy wyposażenia telefonicznego w sposób szybki i powtarzalny bez potrzeby stosowania drogich testów subiektywnych. Ostatecznie, efektywną metodą okazała się metoda ilościowa znana dziś jako Articulation Index.

Podstawową ideą kryjącą się za każdą metodą ilościową jest próba skorelowania pomiarów zmian wielkości fizycznych w warunkach testowych do wyników zrozumiałości mowy otrzymanych subiektywnie. Jeśli dobre powiązanie zostanie znalezione dla wielu, różnych sytuacji, obejmujących zamierzone zastosowanie, to ta sama metoda może być użyta w nowej sytuacji, a powiązanie wykorzystane do określenia zrozumiałości mowy. Na przykład, badacze odkryli, że mogą zmierzyć poziom sygnału mowy i poziom szumu w systemach telefonicznych, a z tych pomiarów dokładnie określić, jaki wynik otrzymaliby z ustandaryzowanych testów subiektywnych.

Dodatek do NFPA 72 poleca wykorzystanie jednej z trzech metod ilościowych: Speech Transmission Index (STI), Articulation Index (AI) lub Articulation Loss of Consonants (ALcons). Pierwsze dwie posiadają dobrze udokumentowane standardy przeprowadzania pomiarów. Trzecia została opisana w prasie naukowej, ale nie posiada standardu.

Metoda AI została opracowana dla sytuacji, w których dominujący wpływ na zrozumiałość mają poziomy sygnał i szum tła – na przykład systemy telefoniczne. Metoda AI nie bierze jednak pod uwagę akustyki pomieszczeń (echa i pogłos) oraz zniekształceń nieliniowych (np. z przeladowanego wzmacniacza). Z tych powodów, nie jest najlepszym wyborem do ogólnych celów dźwiękowych systemów ostrzegawczych, ponieważ pogłosy, echa i zniekształcenia są czynnikami, które bardzo często występują w takich otoczeniach.

Metoda AI została niedawno uaktualniona, a nazwa mierzonej wielkości zmieniona, by uwzględnić te zmiany. Nazywana jest teraz Speech Intelligibility Index (SII) i jest udokumentowana w standardzie ANSI (S3.5-1997). Metoda SII uwzględnia część czynników, które AI ignorowała, jak np. pogłos.

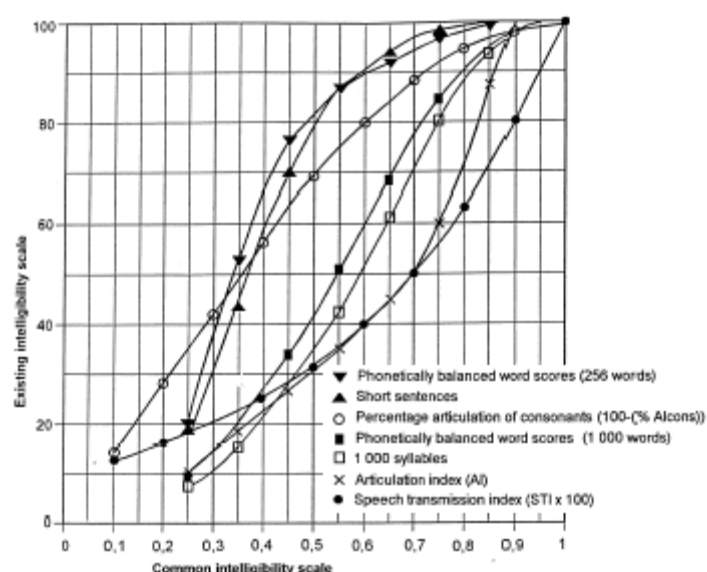
Częściowo z powodu słabości metody AI, armia i nie tylko rozpoczęła finansowanie badań nad metodą ilościową pomiaru zrozumiałości mowy, która byłaby bardziej wszechstronna – którą można byłoby zastosować w systemie, w którym występuje praktycznie dowolna kombinacja czynników wpływających na zrozumiałość. Prace, które doprowadziły do opracowania metody zwanej teraz Speech Transmission Index, rozpoczęły się w latach 70. w znanym laboratorium TNO w Holandii, finansowane były głównie ze środków NATO.

Metoda STI opiera się na tym, jak mowa może zostać rozłożona na części składowe, a wpływ praktycznie wszystkich czynników uwzględniony w pojedynczym typie pomiarów. Metoda daje prawidłowe wyniki w szerokim zakresie warunków – od mówcy w pomieszczeniu, przez systemy telefoniczne do dużych systemów nagłośnieniowych. Metoda STI została zaimplementowana w dużej ilości urządzeń dostępnych na rynku i jest dziś najczęściej stosowaną metodą na świecie.

2.4 Common Intelligibility Scale (CIS) – Wspólna skala zrozumiałości

Niezależnie od wybranego sposobu pomiarów zrozumiałości, czasem trzeba odnieść rezultaty uzyskane z jednego pomiaru do wyników innego. Na przykład, jeśli zmierzona wartość STI wynosi 0.50, to jaka jest odpowiadająca jej wartość w metodzie Phonetically Balanced Word List? Aby odpowiedzieć na takie pytania oraz ustalić wartość poszczególnych metod pomiaru zrozumiałości mowy, komisja IEC, publikująca standard zrozumiałości mowy do którego odnosi się NFPA 72, wydała wykres, zawierający graficzne odniesienie wyników pomiarów większością metod do pojedynczej skali, zwanej Common Intelligibility Scale (CIS).

Reprodukcja wykresu relacji pomiędzy poszczególnymi metodami z normy IEC 60849 jest przedstawiona poniżej.



3. Zrozumieć Speech Transmission Index (STI)

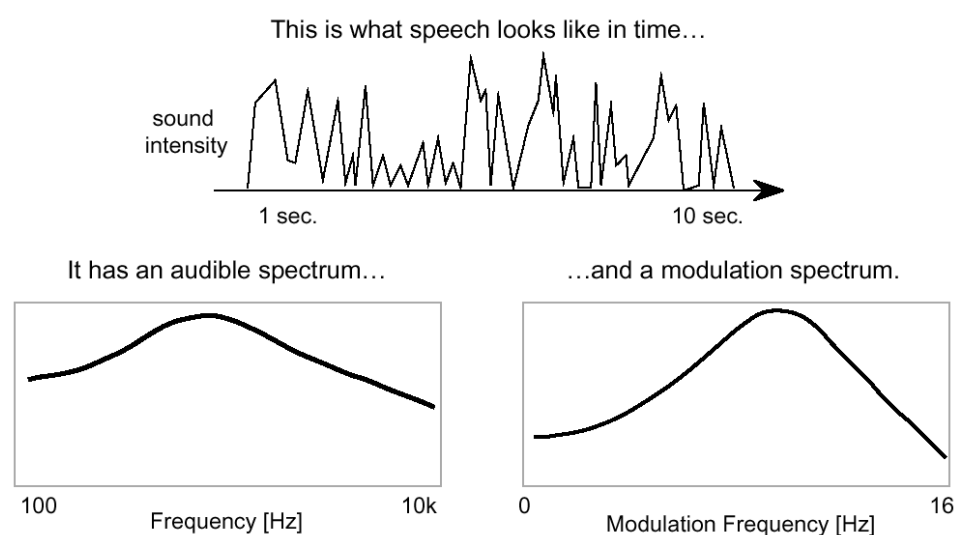
Ze wszystkich metod pomiarów zrozumiałości mowy, STI ma tę zaletę, że prawidłowo uwzględnia wszystkie czynniki na drodze transmisji nadawca-odbiorca, wpływające na zrozumiałość oraz jest relatywnie prosta do przeprowadzenia. Metoda bazuje na pomysłu zastąpienia mowy powtarzalnym sygnałem, który ma te same charakterystyki w zakresie dotyczącym mowy, a następnie pomiar zniekształceń tego sygnału w systemie. W następnym podpunkcie przedstawione są podstawy działania tej metody.

3.1 Najważniejsze elementy mowy

Mowa złożona jest (spośród innych elementów) z dwóch widm. Pierwsze z nich to *widmo słyszalne* – odgłosy mowy, które słyszymy. Widmo słyszalne obejmuje szeroki zakres częstotliwości od ok. 100 Hz do 10 kHz, które można przedstawić jako siedem oktaw o środkowych częstotliwościach od 125 Hz do 8 kHz. Widmo słyszalne mowy nie jest płaskie; większa energia zawarta jest w częstotliwościach niskich i średnich, niż wysokich.

Mowa jednakże składa się nie tylko z dźwięku zawartego w 7 oktawach od 125 Hz do 8 kHz. Brzmienie które słyszymy w mowie jest zorganizowane w pakiety językowe – słowa lub nawet mniejsze pakiety z których zbudowane są słowa, zwanych fonemami. Tempo (częstotliwość) w jakim wypowiadamy fonemy jest o wiele niższe, niż zakres częstotliwości słyszalnych. Okazuje się, że możemy wypowiedzieć tylko kilka fonemów na sekundę, co odpowiada kilku hercom.

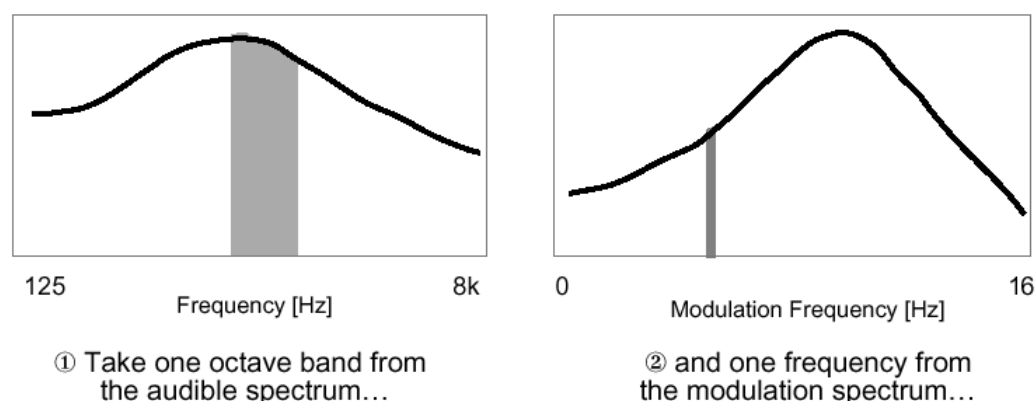
Słyszalne dźwięki opuszczające nasze struny głosowe i usta, zorganizowane w pakiety informacji fonemicznej, można modelować przez modulację amplitudy sygnału szerokozakresowego. Stąd drugie widmo, z którego zbudowana jest mowa, niskoczęstotliwościowe widmo definiujące tempo, w którym wypowiadamy fonemy, zwane jest *widmem modulacyjnym*. Widmo modulacyjne można przedstawić jako 14 częstotliwości rozmieszczonych co 1/3 oktawy, poczynając od 0.63 Hz, a kończąc na 16 Hz. To widmo także nie jest płaskie. Mamy skłonność do mówienia fonemami w średnich częstotliwościach modulacji, a nie w bardzo niskich czy bardzo wysokich.



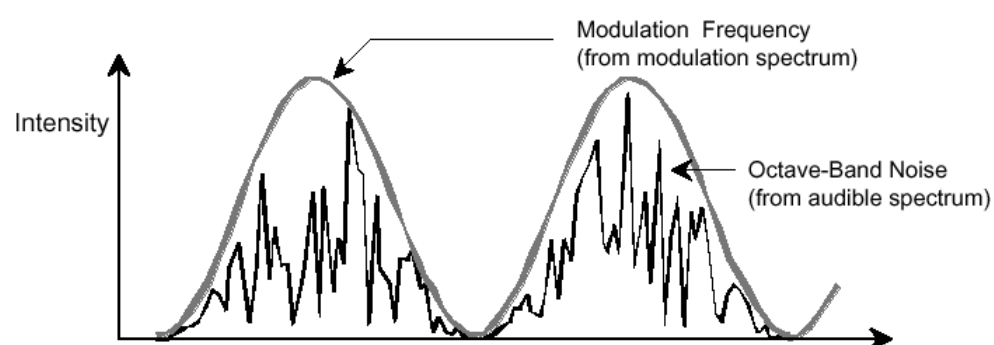
3.2 Symulacja mowy

Fakt, że mowa może zostać rozłożona na dwa widma, słyszalne i modulacyjne, może zostać wykorzystany do stworzenia sztucznego sygnału, mającego te same właściwości co prawdziwa mowa. Widmo słyszalne można modelować używając szerokopasmowego sygnału szumu, złożonego z 7 zakresów oktaowych od 125 Hz do 8 kHz, przy czym każda oktawa ma poziom odpowiadający temu z prawdziwej mowy. Pojedyncze zakresy oktaowe mogą być następnie modulowane zgodnie z 14 częstotliwościami widma modulacyjnego.

Aby zademonstrować, jak to działa, rozważmy tylko jeden zakres oktaowy z widma słyszalnego – powiedzmy zakres 1 kHz – i jedną z częstotliwości widma modulacyjnego – powiedzmy 4 Hz.



③ Then use ② to amplitude modulate ①.



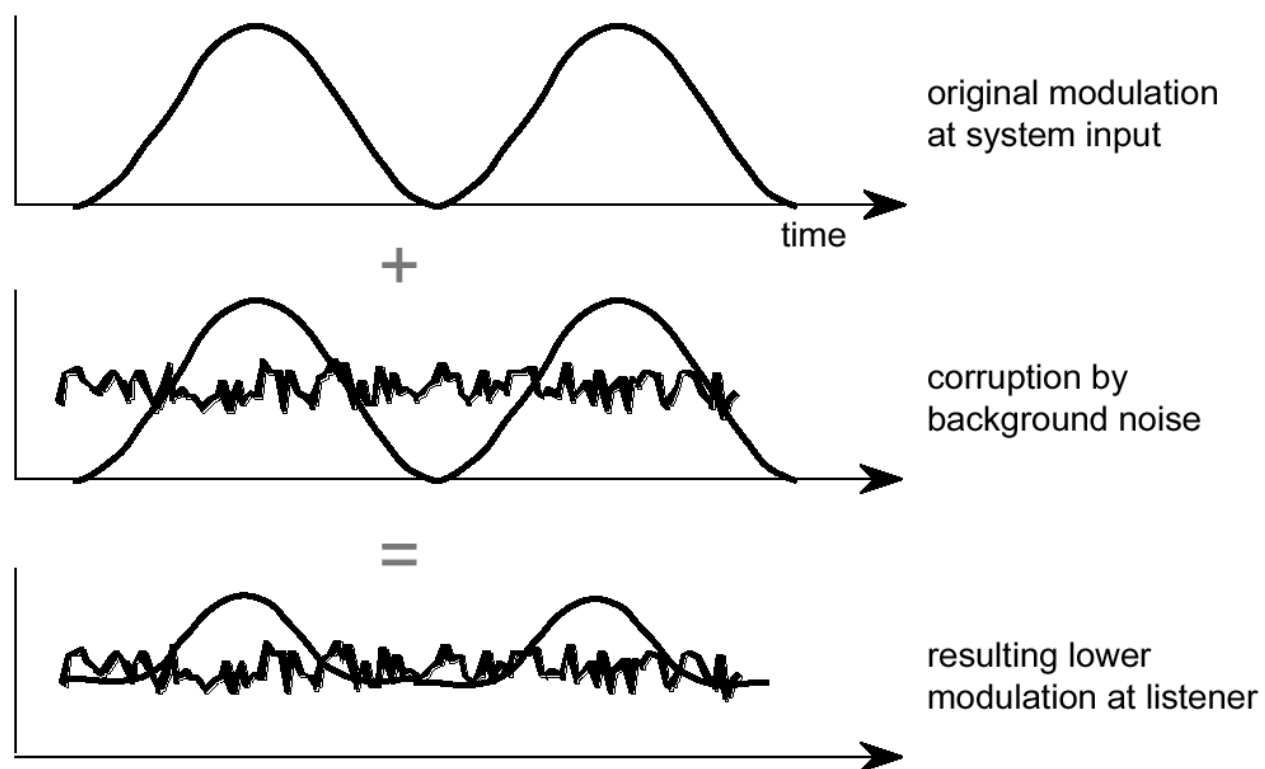
Aby w pełni odtworzyć prawdziwą mowę, potrzebna jest nie tylko ta kombinacja, ale także wszystkie pozostałe: 7 zakresów oktaowych widma słyszalnego razy 14 częstotliwości widma modulacyjnego, co daje w sumie 98 kombinacji. Aby przetestować system, używa się tych modulowanych zakresów oktaowych w zastępstwie mowy.

3.3 Zniekształcenia mowy

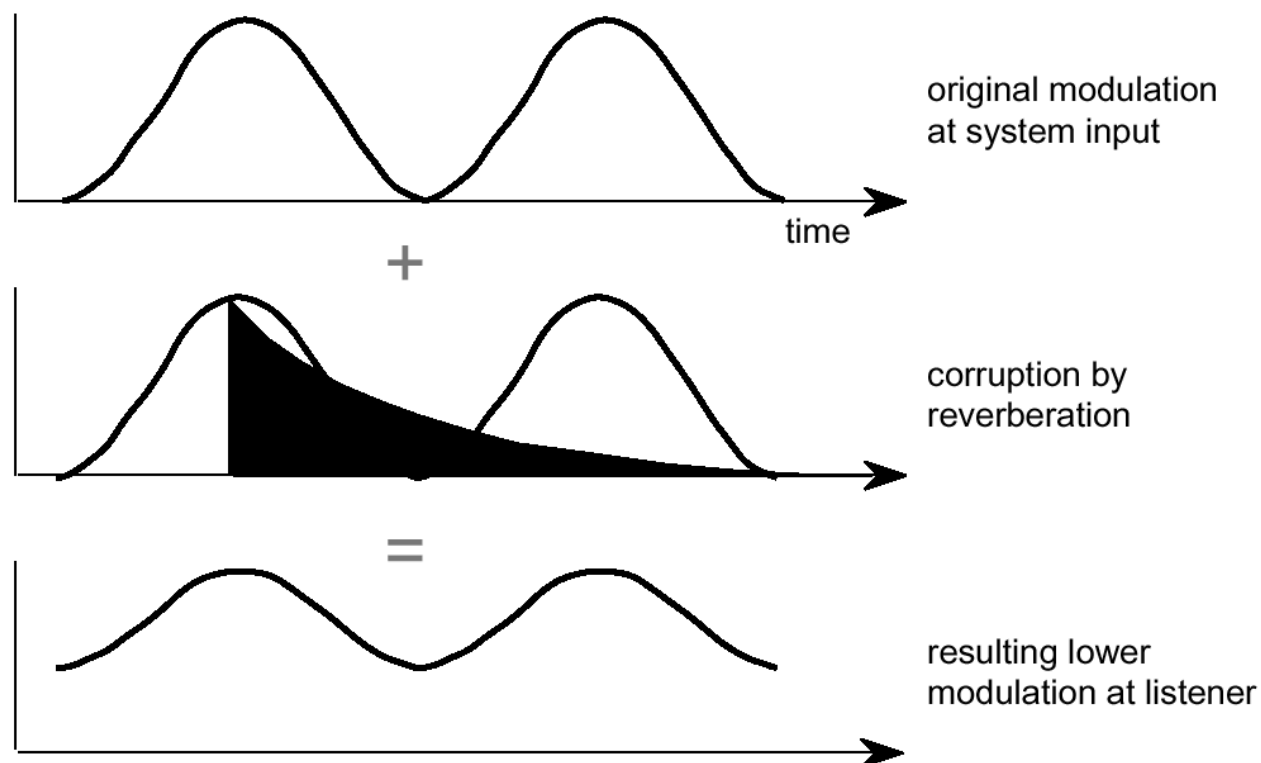
Istnieje kilka czynników, które zmniejszają zrozumiałość mowy (patrz powyżej). Do zniekształceń dochodzi, gdy sygnał jest przekazywany od wejścia systemu, przez urządzenia elektroniczne oraz przestrzeń akustyczną do uszu odbiorcy. Tak jak wpływają one na prawdziwą mowę, tak samo wpływają na sygnał zastępczy, zbudowany z modulowanych zakresów

oktawowych. Te zniekształcenia, jak szumy tła i pogłos, mają wpływ na zmniejszenie wartości modulacji obecnej w oryginalnym sygnale. Strata ta jest miarą straty zrozumiałości mowy.

Rozważmy dla przykładu wpływ szumów tła. Szumy tła na drodze transmisji pomiędzy nadawcą i odbiorcą powodują wypełnianie spadków w modulacji oryginalnego sygnału. Zmniejszona modulacja na wyjściu pozwala zmierzyć, jak bardzo sygnał został zniekształcony przez szumy.



Pogłos także powoduje zmniejszenie wartości modulacji istniejącej na wejściu systemu.



3.4 Inne formy zniekształceń mowy

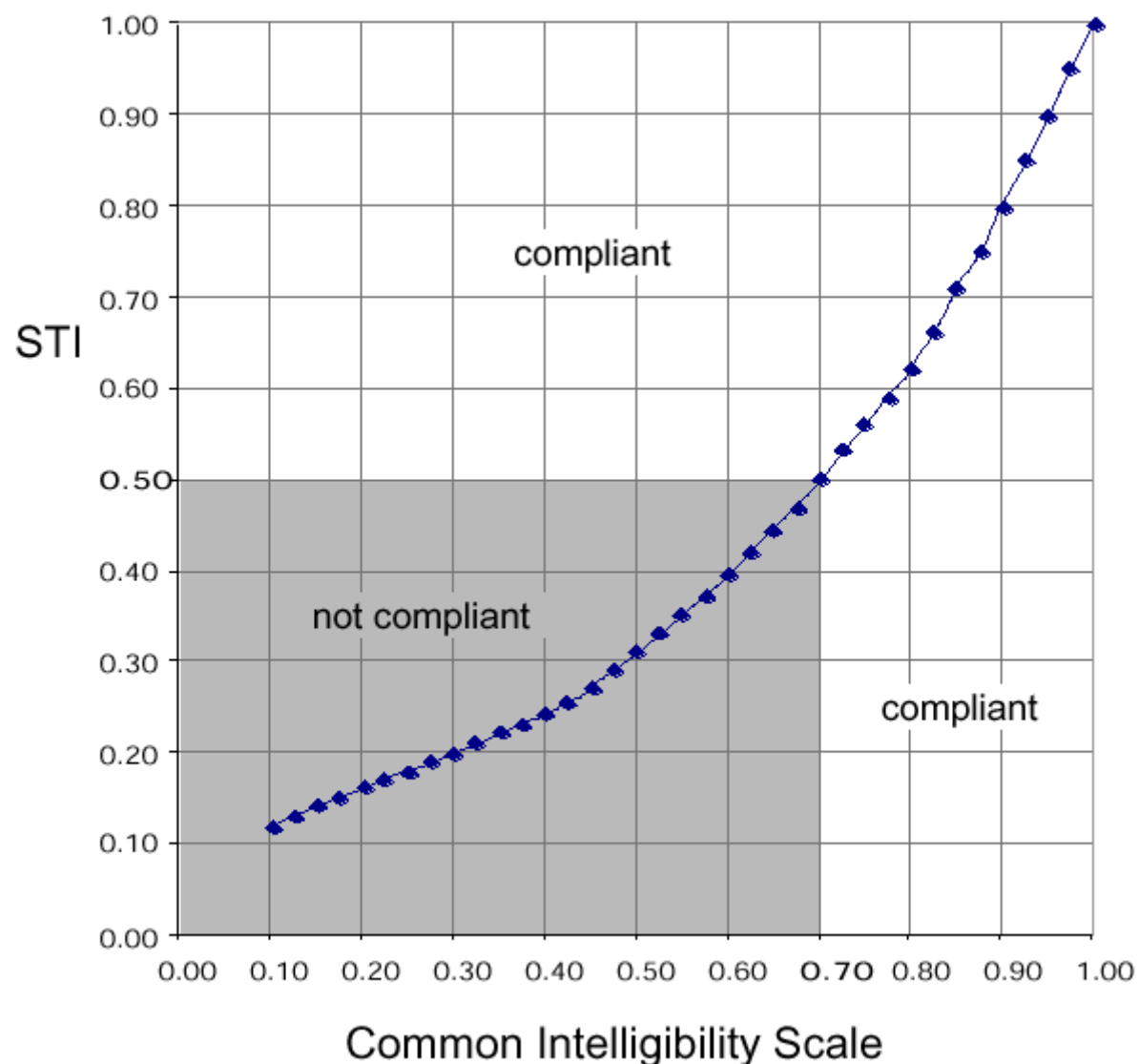
W przykładach powyżej pokazano wpływ szumów tła i pogłosu na oryginalną modulację czystej mowy. To samo zjawisko występuje, gdy sygnał jest zniekształcany przez większość postaci zniekształceń nieliniowych.

3.5 Speech Transmission Index i Common Intelligibility Scale

Speech Transmission Index (STI) przedstawia ilość modulacji zachowanej podczas transmisji sygnału w systemie. Jest to pojedyncza liczba zawarta pomiędzy 0 a 1 i odpowiada ilości zachowanej modulacji we wszystkich kombinacjach zakresów oktauwowych widma słyszalnego i częstotliwości modulacji widma modulacyjnego. W wielu przypadkach, nie wszystkie z 98 kombinacji (7 oktauw razy 14 częstotliwości), muszą zostać zmierzone, aby uzyskać prawidłowy wynik. Standard IEC pomiarów STI (IEC 60268-16) zawiera kilka sposobów na ograniczenie ilości kombinacji w typowych warunkach. STI jest obliczany przez uśrednienie (przy pomocy specjalnych wag) pozostałej modulacji w różnych kombinacjach zakresów oktauwowych i częstotliwości modulacji.

STI równe 0.00 oznacza, że nie pozostało nic z początkowej modulacji; została całkowicie zniszczona przez kombinację szumów, pogłosu i innych form zniekształceń. Odpowiada zerowej zrozumiałości mowy. STI równe 1.00 oznacza, że pełna modulacja obecna w źródłowym sygnale została zachowana, czyli że mowa jest całkowicie zrozumiała.

STI może zostać odniesiona do dowolnej z pozostałych metod pomiaru zrozumiałości mowy przez Common Intelligibility Scale. Związek ten przedstawiony jest na poniższym wykresie.



Załącznik do NFPA 72 zaleca minimalną zrozumiałość wynoszącą 0.70 na skali CIS, co odpowiada STI 0.50. Dźwiękowy system ostrzegawczy osiągający lub przekraczający jedną z tych wartości spełnia wymagania. Trzeba pamiętać, że CIS 0.70 jest daleki od idealnej zrozumiałości. Odpowiada mniej więcej zrozumiałości 80% słów i 95% zdań, czyli nieco więcej niż jest wymagane, aby odpowiednio przekazać komunikat alarmowy. Ten sam poziom zrozumiałości w systemie nagłośnieniowym, wykorzystywanym w innych celach mógłby często być uznany za ledwo wystarczający.

4. Zrozumiałość mowy w praktyce

Do tego miejsca, czytelnik powinien zdobyć podstawowe informacje o zrozumiałości mowy, jak jest mierzona oraz o najbardziej wszechstronnej i najczęściej wykorzystywanej metodzie pomiarów: Speech Transmission Index. Większość czytelników ma zapewne także kilka pytań dotyczących pomiarów i spełniania wymagań dotyczących zrozumiałości mowy w praktyce. W tym punkcie rozważymy praktyczne zagadnienia ważne dla fachowców – inżynierów

dźwiękowych systemów ostrzegawczych, wykonawców systemów i lokalnych władz strażackich – jeśli chodzi o codzienne wykorzystanie zrozumiałości mowy w ich pracy.

4.1 Narzędzia projektowe

Projektowanie systemów nagłośnieniowych tak, aby osiągnąć dostateczną zrozumiałość systemów było w centrum zainteresowań profesjonalnego i komercyjnego przemysłu nagłośnieniowego, od co najmniej 50 lat. Opublikowano w tym okresie wiele artykułów, opisujących, jak różne czynniki wpływają na zrozumiałość systemów definiujących strategię projektowania, o których wiadomo, że dają lepszą zrozumiałość.

W rezultacie tych prac, opracowano kilka komercyjnych narzędzi wspomagających projektowanie systemów nagłośnieniowych systemów na odpowiednim poziomie zrozumiałości mowy. Dodatkowo, istnieją seminaria szkoleniowe, prowadzone zarówno przez producentów, jak i niezależne instytucje edukacyjne, zajmujące się tematem projektowania systemów z uwzględnieniem zrozumiałości. Wszystkie te wiadomości oraz narzędzia, bez lub z małymi modyfikacjami, są odpowiednie do projektowania dźwiękowych systemów ostrzegawczych.

Czytelnicy, chcący dowiedzieć się więcej o narzędziach i seminariach szkoleniowych powinni skontaktować się z National System Contractor Association (NSCA), prowadzącą organizacją skupiającą producentów i konstruktorów zajmujących się profesjonalnie dźwiękiem.

4.2 Wysoka zrozumiałość nie wymaga głośników o wysokiej wierności

W przemyśle alarmów głosowych często spotykana jest obawa, że nowe standardy zrozumiałości mowy będą oznaczały konieczność wykorzystania droższych, lepszych głośników. Zrozumiałość, jednakże, to nie to samo co wierność. Telefon, dla przykładu, ma bardzo ograniczone pasmo (ok. 300-3000 Hz) oznaczające słabą wierność. Mimo to telefon ma prawie 100% zrozumiałość. Analogicznie, dotychczas wykorzystywane w dźwiękowych systemach ostrzegawczych, głośniki o ograniczonym paśmie, także mają wystarczające pasmo do osiągnięcia wysokiej zrozumiałości, choć bez wysokiej wierności. Brzmienie głośników systemu alarmowego może nie być zbyt przyjemne z powodu niskiej wierności, ale to nie oznacza, że nie będzie efektywnie przekazywać komunikatów.

To niewłaściwe zastosowanie głośników – niezależnie od ich wierności – zazwyczaj prowadzi do słabej zrozumiałości. Na przykład, wykorzystanie małych, niekierunkowych głośników stożkowych w dużym, pełnym pogłosów pomieszczeniu raczej nie pozwoli osiągnąć odpowiedniej zrozumiałości. Podobnie, głośniki alarmu głosowego rozmieszczone zbyt daleko od siebie w wielkiej sali konferencyjnej także nie spełnią wymagań, tak jak głośniki przesterowane przez zbyt wysoką moc wzmacniaczy.

Oczywiście zdarzają się sytuacje, gdy projekt spełniający wymagania zrozumiałości będzie droższy, niż spełniający tylko wymogi słyszalności nakładane przez NFPA 72. Może na przykład zdarzyć się, że wymagane jest ciaśniejsze rozstawienie głośników. Ale w tych przypadkach dodatkowe koszty są całkowicie usprawiedliwione, ponieważ z samej definicji wynika, że sama słyszalność komunikatów nie wystarczy do odpowiedniego ostrzeżenia i poinformowania pracowników czy mieszkańców budynku w nagłych sytuacjach.

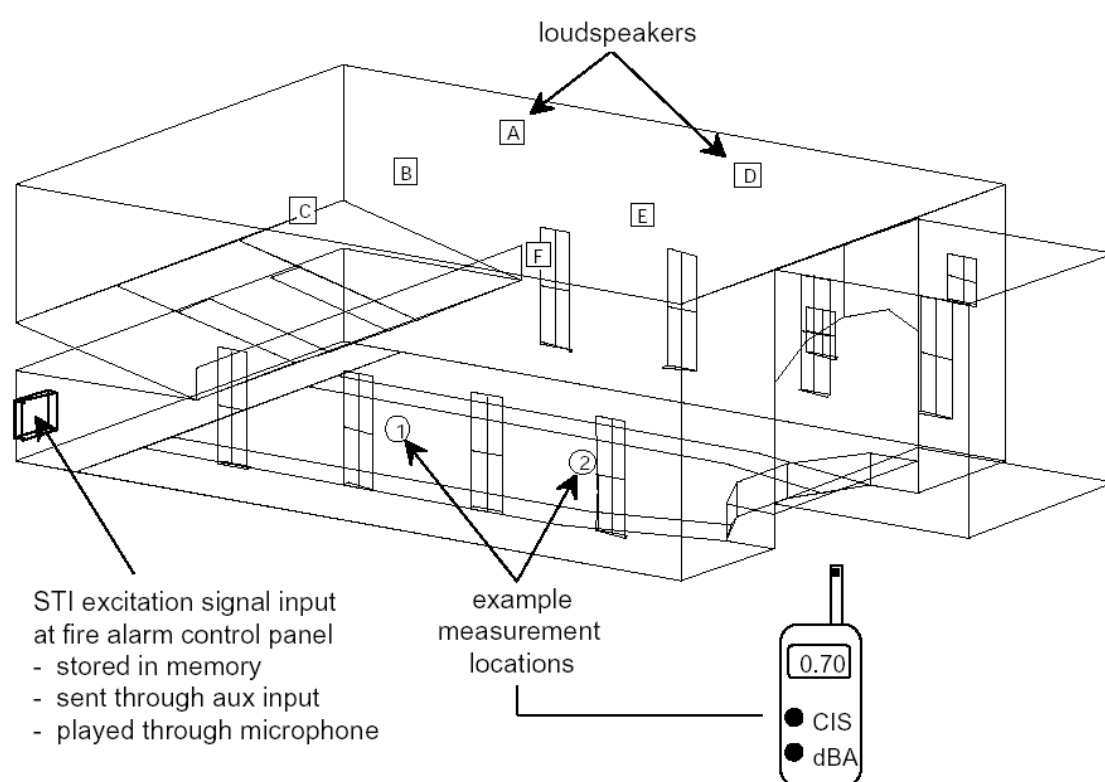
4.3 Narzędzia pomiarowe

Istnieje kilka uniwersalnych narzędzi do pomiarów akustycznych, które jako jedną z funkcji posiadają jedną ze standardowych metod pomiaru zrozumiałości mowy. Przypominamy, że dobrym źródłem informacji o tych narzędziach jest National System Contractors Association (NSCA).

Te uniwersalne narzędzia są bardzo dobre, ponieważ mogą zostać wykorzystane do wielu różnych typów pomiarów, nie tylko do zrozumiałości mowy. Wymagają jednak też umiejętności i wyszkolenia ze strony użytkownika, aby je odpowiednio wykorzystać. Dodatkowo, narzędzia te stanowią sporą inwestycję dla użytkownika, zazwyczaj rzędu kilku tysięcy dolarów za komputer, kilka tysięcy dolarów za oprogramowanie i około tysiąca dolarów za szkolenia.

Przynajmniej jeden z producentów ogłosił wprowadzenie na rynek narzędzia pomiarowego, przeznaczonego do wykonywania dokładnych pomiarów zrozumiałości mowy w mniej więcej 10 sekund, opartego na metodzie Speech Transmission Index. Wartość CIS definiowana przez NFPA można uzyskać przez ustawienie się w testowanej lokalizacji z miernikiem i naciśnięcie przycisku rozpoczynającego pomiar. Urządzenie nie musi być podłączone do wejścia systemu, pozwalając użytkownikowi przeprowadzać pomiary w dowolnym miejscu. Celem powstania takiego urządzenia było pozwolenie użytkownikom, nieprzeszkolonym w przeprowadzaniu pomiarów akustycznych, na przetestowanie systemu pod kątem zgodności z normami, w ten sam sposób, jak miernik ciśnienia akustycznego pozwala sprawdzić zgodność z wymaganiami słyszalności.

Schemat wykorzystania prostego miernika zrozumiałości mowy przedstawiony jest na poniższym schemacie.



4.4 Kalibracja narzędzi pomiarowych STI

Chociaż wymagana jest teraz na całym świecie przez normy i standardy minimalna lub lepsza zrozumiałość mowy i chociaż istnieją narzędzia do jej pomiarów, nie istnieje standard dotyczący tych urządzeń. Tak jak pojawienie się standardu dotyczącego mierników poziomu dźwięku zajęło kilka lat (ANSI S1.4-1983 R 1997), tego samego możemy się spodziewać po narzędziach do pomiaru zrozumiałości mowy. Do tego czasu, producenci i użytkownicy tych narzędzi muszą przyjąć na siebie odpowiedzialność za zapewnienie, że ich urządzenia są w stanie dokonywać prawidłowych pomiarów. Istnieją dwa proste sposoby osiągnięcia tego celu.

Po pierwsze, producent narzędzi pomiarowych może dostarczyć specjalne sygnały dźwiękowe, przedstawiające zrozumiałość mowy w różnych warunkach szumów, pogłosu i zniekształceń. Te skalibrowane sytuacje mogą zostać bezpośrednio wprowadzone do miernika, aby sprawdzić czy oczekiwane rezultaty zostaną rzeczywiście osiągnięte. Jeśli nie, widmowo, że urządzenie jest rozkalibrowane i powinno zostać zwrócone do producenta w celu naprawy.

Po drugie, zalecany jest system regularnych zwrotów urządzenia do producenta, w celu konserwacji, udoskonalenia oraz kalibracji. Taki system może często zapobiec przyszłym usterekom, przez poprawienie błędów na długo przed tym, jak zaczną wpływać na prawidłowość pomiarów. Podobne systemy dla innych krytycznych urządzeń testowych (jak np. oscyloskopy) sprawdzały się przez dziesięciolecia.

4.5 Gdzie mierzyć zrozumiałość?

Dopóki nie zostaną stworzone normy dotyczące sposobu przeprowadzania pomiarów, musimy kierować się zdrowym rozsądkiem, dobierając miejsca, w których dokonujemy pomiarów zrozumiałości. W wielu przypadkach, wystarcza zastosowanie tej samej logiki, którą stosujemy przy pomiarach słyszalności zgodnie z normami systemów alarmowych.

Problem ten możemy podzielić na dwie części: 1) jak wiele obszarów lub stref musi zostać objętych pomiarami oraz 2) w danej strefie, gdzie należy przeprowadzić pomiary?

Dla celów pomiarów zrozumiałości, budynek chroniony przez dźwiękowy system ostrzegawczy można podzielić na strefy kierując się następującą logiką:

- Każde pomieszczenie jest oddzielną strefą. Halle, korytarze i ciągi schodów należy traktować jako pomieszczenia.

- Zazwyczaj jedno pomieszczenie to jedna strefa.

- Czasami, w pomieszczeniu należy wyróżnić więcej niż jedną strefę. Do tych sytuacji należą m.in.: jeśli w pomieszczeniu wykorzystany jest więcej niż jeden typ głośnika lub jeśli wysokość sklepienia zmienia się o więcej niż 20%. Na przykład, w przypadku stadionu, część trybun pod balkonami lub dachem byłaby jedną strefą, ponieważ jest obsługiwana przez jeden typ głośników i ma jedną wysokość sklepienia. Część tej samej trybuny, znajdująca się poza sklepieniem, będzie drugą strefą, ponieważ jest obsługiwana przez inny typ głośników, a także, ponieważ zmieniła się wysokość sklepienia. Podobnie, atrium z wysokim sklepieniem w centrum i niskim dookoła powinna być podzielona na dwie strefy, mimo że obsługiwana jest przez jeden typ głośników.

Ilość pomiarów i miejsce ich wykonania:

- Dobrą zasadą jest dokonywanie pomiarów na siatce o wielkości około 20 stóp (6 m). Stąd pomieszczenie mniejsze niż 20' x 20' (6m x 6m) wymaga tylko jednego miejsca pomiaru.

- Na przestrzeniach większych niż 20' x 20', należy wykonać wielokrotne pomiary na 20-stopowej siatce.
 - Krawędzie i rogi pomieszczeń zazwyczaj nie wymagają pomiarów, ponieważ rzadko są zajęte.
 - Nie powinno wykonywać się pomiarów tylko w pobliżu głośników.
 - Szczególnie objęte pomiarami powinny być obszary, o których sędzi się, że jakość dźwięku jest w nich niższa.
 - Granice między strefami w pojedynczym pomieszczeniu powinny być objęte pomiarami, ponownie przy wykorzystaniu 20-stopowej siatki.
 - Należy uważać, aby nie pomylić 'strefy' i 'obszaru pokrycia głośnika'. Często zdarza się, że tylko część strefy jest objęta przez głośnik, pozostawiając pozostałe części niechronione. Pomiary należy dokonywać w całej strefie, nie tylko obszar pokrycia głośnika.
- W niektórych instalacjach, występuje wiele pomieszczeń wybudowanych i wyposażonych w identyczny sposób. Przykładem są pokoje hotelowe i hotelowe sale konferencyjne. W przypadku 1000-pokojowego hotelu, czy należy sprawdzać każde pomieszczenie? Oto kilka zaleceń:
- Jak rozwiązuje podobną sytuację w przypadku pomiarów słyszalności? To samo podejście będzie prawdopodobnie dobre dla pomiarów zrozumiałości mowy.
 - Nie przydzielaj automatycznie wszystkich pokoi do jednej grupy. Zazwyczaj istnieje kilka klas pokoi, od 'ekonomicznych' do 'luksusowych' i 'apartamentów'. Pomiary należy dokonać w kilku pomieszczeniach każdej klasy.
 - Uważnie szukaj wszelkich wyjątków.
 - W przypadku sal konferencyjnych, należy uważać, aby nie łączyć ich automatycznie w grupy. Tylko pomieszczenia, które są zbudowane i wyposażone w ten sam sposób, powinny być połączone w jedną klasę. Należy dokonywać pomiarów w kilku pomieszczeniach danej klasy.

4.6 Kiedy dokonywać pomiarów zrozumiałości mowy?

Ponownie, zanim nie zostaną stworzone normy dotyczące sposobu przeprowadzania pomiarów, musimy kierować się zdrowym rozsądkiem, dobierając czas, w którym dokonujemy pomiarów. Poniżej znajduje się zestaw prostych wytycznych i zaleceń:

- W przypadku nowych konstrukcji lub większych renowacji, strefa powinna zostać objęta pomiarami, gdy jest gotowa do użytku. Główne wykończenia akustyczne (ściany, podłogi, sufity) powinny być już na miejscu, tak jak główne meblowanie (jak ścianki działowe i przepierzenia). Urządzenia wytwarzające hałas powinny być zainstalowane i uruchomione.
- Istniejąca strefa powinna zostać przebadana, jeśli nastąpił większy remont. Jeśli materiały, z których zbudowane są ściany, sufit czy podłoga, zmieniły się zasadniczo – na przykład z dywanu na klepkę – strefa powinna być ponownie przebadana. Testowanie może zostać wykonane przy wydawaniu zezwolenia dla budynku.
- Istniejąca strefa powinna zostać przebadana, jeśli dokonano zmiany systemu nagłośnienia.
- Istniejąca strefa powinna zostać przebadana, jeśli z jakiegoś powodu system nagłośnieniowy nie spełnia wymagań dotyczących słyszalności.
- Istniejąca strefa powinna zostać przebadana, jeśli zmieniło się przeznaczenie pomieszczenia. Na przykład, jeśli dodano park maszynowy do pomieszczenia i szumy wytwarzane przez urządzenia są znacząco wyższe, strefa (lub strefy) powinny zostać ponownie przetestowane.

4.7 Ustawianie wzmocnienia w systemie nagłośnieniowym dla pomiarów zrozumiałości

Za każdym razem, gdy przeprowadzany jest pomiar zrozumiałości, musi zostać odtworzony specjalny, sztuczny sygnał naśladujący mowę. Należy wziąć pod uwagę, że poziom głośności odtwarzanego sygnału musi być taki, jak mowy, która będzie wykorzystywana w systemie. Jest to bardzo ważne zagadnienie, ponieważ stosunek poziomu głośności mowy do poziomu szumów tła może znacząco wpłynąć na zrozumiałość. Poniżej znajduje się zestaw wytycznych i sugestii:

- Większość, jeżeli nie wszystkie panele kontrolne systemów ostrzegawczych zawiera pamięć stałą służącą do przechowywania komunikatów. Można wykorzystać dodatkową pamięć do przechowania specjalnego sygnału naśladującego mowę, wykorzystywanego do pomiarów STI. Jeśli wykorzystana jest do tych celów, zagadnienie kalibracji wzmocnienia rozwiązywane jest w miejscu produkcji i przestaje odgrywać rolę w zastosowaniach. Jest to najwygodniejszy scenariusz.

- Można wykorzystać miernik ciśnienia akustycznego do pomiaru poziomu (dB-A) mowy, który powinien zostać użyty. Wzmocnienie sygnału sztucznego może następnie być ustawiona na tą samą wartość dB-A.

- W przypadku systemów, w których sztuczny sygnał nie jest przechowywany wewnątrz panelu kontrolnego, należy przeprowadzić poniższe czynności. Przyjmijmy, że system został zaprojektowany w systemie 70 V, to znaczy że wykorzystano 70 V wzmacniacze z głośnikami, które osiągają maksymalną moc przy zasilaniu 70 V_{rms}. Wzmocnienie sumy systemu powinno być stopniowo zwiększane, dopóki przynajmniej jeden ze wzmacniaczy w systemie nie osiągnie 70 V_{rms}. Wtedy powinno rozpocząć się testowanie zrozumiałości mowy. W przypadku systemu 25 V, powyższe liczby powinny być zmienione z 70 na 25.

- Czasami, wykorzystywane są systemy niskoimpedancyjne. W takich systemach, wzmacniacze mogą mieć szeroki zakres maksymalnych napięć, a głośniki zasilane są do maksymalnego poziomu w szerokim zakresie maksymalnych mocy, zgodnie ze specyfikacjami producenta. W tych sytuacjach, wzmocnienie sumy powinno być zwiększane, dopóki nie zostanie spełniony jeden z dwóch warunków:

- 1) Jeden lub więcej wzmacniaczy osiągnie maksymalną moc wyjściową, obliczaną jako $V_{rms,max} = \sqrt{P_{amp} \times Z_{amp}}$, gdzie P_{amp} to określona przez producenta moc wyjściowa przy Z_{amp} omach.

- 2) Jeden lub więcej głośników osiągnie maksymalną nominalną moc, obliczaną jako $P_{spkr} = V_{rms}^2 / Z_{nom}$, gdzie V_{rms} to napięcie zasilające głośnik, a Z_{nom} to nominalna impedancja głośnika.

4.8 Testowanie systemu z mikrofonem

Tylko w wyjątkowych przypadkach niewłaściwego używania, mikrofon może być przyczyną znaczącego zmniejszenia zrozumiałości. Najczęściej wykorzystywane w dźwiękowych systemach ostrzegawczych mikrofony być może nie są jakości studyjnej, ale są prawie 100% zrozumiałe i spełniają surowe wymagania zdefiniowane przez Underwriters Laboratories.

Czasami jednakże, mikrofon może być przyczyną straty z powodu niewłaściwego traktowania lub wykorzystywania. Może się też zdarzyć, że użytkownicy mikrofonu są na tyle niezapoznani z jego obsługą, że zachowują niewłaściwy odstęp od niego. Jeśli użytkownik jest za daleko, zrozumiałość może się zmniejszyć z powodu spadku poziomu sygnału poniżej szumów otoczenia. Jeśli użytkownik krzyczy w zbyt bliskiej odległości od mikrofonu, może dojść do

zniekształceń przez element mikrofonu lub część elektroniki systemu, co jest jednym z czynników wpływających na zrozumiałość mowy.

W rzadkich przypadkach, gdy należy uwzględnić mikrofon przy pomiarach zrozumiałości, potrzebny jest aparat symulujący użytkownika. Aparat taki składa się z głośnika, którego odpowiedź osiowa przy wzbudzeniu przez standardowy sygnał sztucznej mowy odpowiada odpowiedzi średniego użytkownika. Poziomy te zostały standaryzowane w normie IEC 60268-16 oraz ISO 9921-1. Przy pomocy takiego aparatu, można symulować wiele różnych typów użytkowników, mówiących cicho, głośno, ze zbyt dużej lub małej odległości od mikrofonu.

4.9 Ocenianie zrozumiałości mowy w środowiskach o wysokim natężeniu hałasu poza godzinami pracy

W niektórych instalacjach, niemożliwe jest przeprowadzenie pomiarów zrozumiałości mowy (lub słyszalności) w czasie godzin pracy, ponieważ zbyt zakłóciłoby to normalny tryb pracy. W sytuacjach, gdy można spodziewać się wysokich poziomów hałasu, może okazać się koniecznym przewidzenie ostatecznej zrozumiałości korzystając z pomiarów przeprowadzonych, gdy budynek jest pusty.

Można wykorzystać dwa podejścia. Pierwsze z nich to zasymulowanie szumów tła spodziewanych podczas pracy za pomocą głośnika umieszczonego w pobliżu mikrofonu pomiarowego jako źródła szumów. Wykorzystać można na przykład losowe szumy lub nagrania z gwarnych miejsc, dostrojone do odpowiednich zakresów oktawowych. Pomiary zrozumiałości przeprowadzane są dalej w standardowy sposób.

Drugie podejście jest analityczne i może zostać zautomatyzowane jako następujący proces:

- 1) Pomiar STI w pustym lub prawie pustym pomieszczeniu.
- 2) Wprowadzenie wartości szumów w 7 zakresach oktawowych zgodnie z oczekiwanymi, wyższymi poziomami hałasu.
- 3) Automatyczne przeliczenie STI, bazując na wprowadzonych wyższych wartościach szumów.

5. Koszty zrozumiałości mowy

Kiedykolwiek ustanawiane są nowe wymagania, pojawia się uzasadniona obawa dotycząca związanych z tym kosztów. W przypadku wymagań dotyczących zrozumiałości mowy nie do uniknięcia są pewne dodatkowe koszty. Jednakże, poniżej przedstawiamy powody, dla których koszty te nie będą zbyt wysokie.

5.1 Koszty niskiej zrozumiałości

Żadna dyskusja na temat kosztów spełnienia wymagań minimalnej zrozumiałości nie może się zacząć bez przypomnienia kosztów *nie* posiadania odpowiedniej zrozumiałości. Dźwiękowe systemy ostrzegawcze z *definicji* zaprojektowane są, aby informować i instruować mieszkańców/pracowników w przypadku nagłej sytuacji. Jeśli system jest niezrozumiały, dźwiękowy system ostrzegawczy nie może spełnić swojego głównego celu, co może prowadzić tylko do tragedii. Są to koszty, które wolelibyśmy rozważać tylko w teorii.

Dźwiękowe systemy ostrzegawcze zawsze były projektowane jako zrozumiałe. Po prostu nie zawsze się takimi okazywały. Przemysł systemów przeciwpożarowych posiada teraz wymagania

i wachlarz metod sprawdzania zrozumiałości dźwiękowego systemu ostrzegawczego. Dlatego, można przyjąć, że nieco wyższe koszty wymagane do zapewnienia tego podstawowego celu systemu, powinny zostać podjęte.

5.2 Koszty projektowania zrozumiałych systemów

Biorąc pod uwagę, że zrozumiałość mowy jest *de facto* wymaganiem na profesjonalnym i komercyjnym rynku systemów nagłośnieniowych, możemy polegać na dużym doświadczeniu branży, jeśli chodzi o dodatkowy wysiłek wymagany, by osiągnąć właściwą zrozumiałość w danym projekcie.

Oczywiście, projektowanie biorąc pod uwagę zrozumiałość wymaga nieco dodatkowej pracy, ale jest to stosunkowo niski procent całkowitej włożonej w projekt pracy. W projektach, w których występuje standardowy poziom pogłosu i szumów tła, dodatkowy koszt nie przekracza 1%. W projektach, w których czynniki te zapewne będą wpływać na komunikację językową, jak większe miejsca kultu, audytoria i kompleksy sportowe, doświadczenie pokazuje, że dodatkowy koszt osiągnięcia właściwej zrozumiałości wynosi ok. 1-3% całkowitego kosztu projektowania. Sumaryczny wzrost całkowitego kosztu systemu jest oczywiście jeszcze niższy, ponieważ koszty projektowania to tylko część całości.

W dodatku do zmiennych kosztów projektowania zrozumiałych systemów, istnieją stałe koszty przeszkolenia inżynierów i projektantów oraz koszt wyposażenia projektantów w narzędzia prawidłowo określające zrozumiałość mowy przed początkiem konstrukcji czy instalacji. Koszty szkolenia mogą wynieść \$100-500 na projektanta rocznie. Programy określające zrozumiałość średnio kosztują \$1000-3000 z 0-10% rocznymi kosztami utrzymania i modernizacji.

5.3 Koszty pomiarów zrozumiałości systemów

Koszty pomiarów zrozumiałości mowy mogą być bardzo niskie, jeśli są przeprowadzane równocześnie z pomiarami słyszalności. Nie ma powodu, dla którego osoba potrafiąca użyć miernika SPL, nie mogłaby także przeprowadzić pomiarów zrozumiałości. Instalatorzy systemów i władze strażackie będą w stanie przeprowadzić te pomiary równie łatwo i efektywnie, jak teraz przeprowadzają pomiary słyszalności. W przynajmniej jednym przypadku, jedno urządzenie może zostać wykorzystane do wykonania obu pomiarów i nie ma powodów, by nie przypuszczać, że w niedalekiej przyszłości na rynku pojawi się ich więcej.

5.4 Koszty ekspertów akustycznych

Niektórzy wyrazili obawę, że teraz konieczne będzie zatrudnianie ekspertów do każdego projektu. Jednak nie jest to prawdą. W niektórych, bardzo złożonych projektach, w których występuje duże ryzyko, że szumy tła lub pogłos (lub i jedno, i drugie) będą interferować z komunikacją językową, potrzeba wykorzystania eksperta może być usprawiedliwiona. Ale te projekty są bardzo małym ułamkiem całego rynku dźwiękowych systemów ostrzegawczych. Co więcej, należy przypuszczać, że firmy inżynieryjne zajmujące się dźwiękowymi systemami ostrzegawczymi, zdobędą umiejętności wymagane do zapewnienia profesjonalnych usług w zakresie zrozumiałości mowy, usuwając potrzebę wykorzystywania ekspertów z zewnątrz.

6. Specjalne uwarunkowania dla unikalnych środowisk

W niektórych instalacjach, standardowe założenia dotyczące zdolności nadawcy i odbiorcy, przyjmowane przy testach zrozumiałości mowy, mogą okazać się niewłaściwe. Na przykład, na międzynarodowym lotnisku, założenie, że używany język jest rodzimy dla nadawcy i odbiorcy jest wyraźnie nieprawidłowe. Podobnie, w domu opieki, założenie, że odbiorcy mają słuch tak jak większość populacji jest również niewłaściwe.

Oprócz sytuacji, gdy założenia dotyczące zdolności nadawcy i odbiorcy są nieprawidłowe, są też sytuacje, w których system przeznaczony jest jednocześnie do zastosowań ostrzegawczych i nagłośnieniowych. W takich sytuacjach, zrozumiałość wystarczająca do celów alarmowych może okazać się niewystarczająca dla normalnego użytku. Na przykład, pojedynczy system może być wykorzystywany na lotnisku lub w centrum konferencyjnym do zastosowań awaryjnych i normalnych, ale wyższe wymagania minimalne są nałożone na codzienny użytek.

W takich sytuacjach, niepotrzebna jest inna metoda pomiaru zrozumiałości. Zamiast tego, należy przyjąć wyższy minimalny poziom zrozumiałości. Na przykład, minimalny wynik 0.80 na skali CIS może być odpowiedni dla międzynarodowego lotniska lub domu opieki. ISO przyjęło ostatnio standard, regulujący to zagadnienie, a północnoamerykańskie organizacje powinny wykorzystać te prace w takim stopniu, w jakim jest to możliwe, aby ulepszyć własne normy w odniesieniu do zrozumiałości mowy.

7. Rekomendowane rozszerzenia do norm, standardów i zastosowań

Każdy udany wysiłek wprowadzenia ważnego zagadnienia jak zrozumiałość mowy do przemysłu przeciwpożarowego wymaga wieloletnich prac. Przemysł uczynił najważniejszy pierwszy krok – jednoznacznie stwierdził, że systemy muszą być zrozumiałe. Poważny wysiłek został podjęty, poczynając od edycji NFPA 72 w 1999 roku, aby edukować branżę o podstawach zrozumiałości mowy, a producenci rozpoczęli odpowiadać na wyzwanie uwzględnienia zrozumiałości mowy w swych projektach i pracach.

W tym samym czasie, istnieje szereg potrzeb, które, zdaniem autora, wymagają uwzględnienia w następnym okresie, aby wzmocnić długookresowy cel zwiększenia efektywności dźwiękowych systemów ostrzegawczych.

- Wymagania w NFPA 72 powinny zostać zaostrzone, minimalny wynik CIS powinien wynosić 0.70. Aktualnie wymaganie takie znajduje się wyłącznie w dodatku.
- Należy dodać rozsądne podejście do testowania zrozumiałości mowy do Rozdziału 7 NFPA 72. Aktualnie normy nie zawiera żadnych szczegółów dotyczących miejsc i czasu przeprowadzanie testów. Materiały dodatkowe i Przewodnik opisujące wymagania pomiarów w znacznym stopniu ułatwiłyby wprowadzanie norm i ich stałe wykorzystanie.
- Prace nad normami powinny być połączone z ISO/IEC oraz Unią Europejską. Aktualnie wiele prac się dubluje, a część podejść jest sprzeczna. Połączenie wysiłków spowoduje powstanie lepszych norm i ułatwienie czynności rynkowych.
- Powinny zostać stworzone kursy szkoleniowe oraz podręczniki, przeznaczone dla głównych graczy na rynku, w tym dla władz, inżynierów i instalatorów.
- National Systems Contractors Association jest doskonałym źródłem ekspertyz na polu projektowania i pomiarów zrozumiałości mowy. Przemysł przeciwpożarowy powinien wykorzystać NSCA jako cenne źródło informacji na ten temat.

- Tematowi treści i efektywności komunikatów powinno zostać poświęcone tyle samo uwagi, ile było i jest poświęcane zrozumiałości mowy, zarówno w środowiskach naukowych, jak i przemysłowych. Bez sensu jest posiadać idealnie zrozumiały system, jeśli komunikaty nie są w stanie wywołać właściwych reakcji wśród odbiorców.

- Potrzebne są standardy dotyczące narzędzi mierzących zrozumiałość mowy. Aktualnie, każdy producent może stwierdzić, że jego urządzenie mierzy zrozumiałość. Branża powinna ustalić warunki, w jakich mierniki muszą dawać prawidłowe wyniki.

8. Wnioski

Dostępny jest wystarczający know-how, zarówno naukowy, jak i inżynierski, aby prawidłowo projektować i mierzyć zrozumiałość mowy w prawie każdym możliwym środowisku. Istnieją narzędzia wspomagające inżyniera dźwiękowych systemów ostrzegawczych w projektowaniu systemów, które spełnią minimalne wymagania zrozumiałości i proste w użyciu narzędzia do jej pomiarów zgodnie z międzynarodowymi normami i standardami. Koszty związane ze spełnianiem wymagań dotyczących zrozumiałości nie są zerowe, ale są zdecydowanie niskie lub nawet pomijalne w porównaniu do całkowitego kosztu systemu.

Biorąc pod uwagę, że najbardziej podstawową funkcją dźwiękowego systemu ostrzegawczego jest przekazanie wiadomości opartej na mowie użytkownikom budynku, National Fire Protection Association podjęła ważny pierwszy krok w postaci wymagania zrozumiałości od każdego dźwiękowego systemu alarmowego. Jak to jest ze wszystkimi nowymi wymaganiami – szczególnie jeśli wymaganie to jest związane ze zmienną ludzką (naszą zdolnością do rozumienia mowy) – zajmie trochę czasu przyswojenie wymaganych detali w normach, standardach i praktykach branży przeciwpożarowej.

Mając to na uwadze, istnieje kilka kroków, które branża może podjąć w niedługim czasie, które w znacznym stopniu przyspieszą i wzmocnią przyjęcie zrozumiałości mowy jako ważny parametr dźwiękowego systemu ostrzegawczego. Istnieje teraz prawny mechanizm, zapewniający, że jeśli wykorzystany będzie dźwiękowy system ostrzegawczy, jego skuteczność nie zostanie narażona przez niską zrozumiałość mowy. Można to uznać jako wielki krok naprzód. Ostatecznie, spełnienie wymagań dotyczących zrozumiałości mowy oznacza lepszą ochronę dla użytkowników budynku, co jest najważniejszą cechą systemu ostrzegawczego.