

Możliwości oceny i poprawy jakości usług głosowych w kopalnianych systemach łączności telefonicznej i alarmowej

Przedstawiono wybrane metody oceny jakości usług głosowych w telefonii z uwzględnieniem metod subiektywnych i obiektywnych. Opisano wpływ zjawiska echa akustycznego i liniowego oraz hałasu otoczenia na funkcjonowanie systemów łączności telefonicznej z uwzględnieniem trybu głośnomówiącego. Omówiono możliwości zastosowania techniki cyfrowej dla poprawy jakości usług głosowych w kopalnianych systemach łączności telefonicznej i alarmowej.

Słowa kluczowe: łączność telefoniczna, łączność alarmowa, bezpieczeństwo, telekomunikacja, transmisja głosu, redukcja szumów

1. WSTĘP

Kopalniane systemy łączności telefonicznej i alarmowej są istotnym elementem dla bezpiecznego funkcjonowania współczesnych kopalń głębinowych [15]. Umożliwiają między innymi przekazywanie poleceń, ostrzeżeń (w tym alarmowych), raportów. Dla realizacji swoich funkcji systemy te powinny cechować się odpowiednią jakością transmisji głosu w warunkach kopalń podziemnych.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie problematyki oceny jakości usług głosowych oraz zjawisk mających wpływ na jakość przekazywanej informacji.

2. OCENA JAKOŚCI USŁUG GŁOSOWYCH

Ocena zjawisk odbieranych naszymi zmysłami (np. słuchu czy wzroku) jest procesem niezwykle złożonym. To stwierdzenie dotyczy również oceny jakości rozmowy telefonicznej. Dla oceny jakości nie są wystarczające proste pomiary pewnych wielkości fizycznych takich jak np. tłumienność łącza, charakterystyka częstotliwościowa tłumienności łącza, itp. Dla oceny jakości rozmowy telefonicznej opracowano szereg metod które można podzielić na [12]:

- metody subiektywne polegające na odsłuchu rozmowy w zdefiniowanych warunkach i subiektywnej ocenie jakości rozmowy czy też usłyszanych fragmentów rozmowy,
- metody obiektywne polegające na rejestracji odebranych fragmentów rozmowy i ich zaawansowanej analizie, która daje odpowiedni wynik oceny.

Często metody oceny są wykorzystywane dla zbadania wpływu niektórych parametrów telefonów, czy łącza telefonicznego na jakość.

Do metod subiektywnych należą:

- badanie wyrazistości logatomowej [17] – odsłuch logatomów (syłab nie mających znaczenia w języku narodowym osób biorących udział w pomiarach) czytanych przez lektora, rezultat badania to stosunek liczby poprawnie odsłuchanych logatomów do całkowitej ich liczby zawartej w tekście,
- zastosowanie zdań nieprzewidywalnych semantycznie¹ [11] - odsłuch zdań nieprzewidywalnych semantycznie czytanych przez lektora, rezultat badania to udział poprawnie odebranych zdań lub wyrazów w zależności od przyjętej metody,

¹ sztucznie wygenerowane zdania, które mimo że składają się z poprawnych słów, to logicznego sensu nie mają, dlatego są semantycznie nieprzewidywalne (z sensu zdania nie można wywnioskować niezrozumianego słowa). Zdania te są poprawne składniowo, słowa są użyte zgodnie z regułami gramatyki, natomiast semantyka zdania jest całkowicie zaburzona.

- ocena w postaci wskaźnika MOS (*Mean Opinion Score*) [3, 7, 8] dotycząca
 - bezwzględnej oceny jakości ACR (*Absolute Category Rating*). Wskaźnik MOS dla metody ACR otrzymuje się jako średnią wartość oceny wszystkich uczestników (w skali 1 – 5) w 3 kategoriach: bezwzględna ocena, wysiłek słuchowy, głośność.
 - stopnia degradacji jakości DCR (*Degradation Category Rating*) Wskaźnik MOS dla metody DCR otrzymuje się jako średnią wartość oceny wszystkich uczestników (w skali 1 – 5)
 - porównawczej oceny jakości CCR (*Comparison Category Rating*). Wskaźnik MOS dla metody CCR otrzymuje się jako średnią wartość oceny wszystkich uczestników (w skali -3 – +3),

Spośród metod obiektywnych można wymienić:

- metody porównawcze takie jak
 - metoda **PSQM** [9] (*Psycho-Acoustic Speech Quality Measure*), która polega na porównaniu sygnału wejściowego (sztuczna mowa wg [P.4]) i sygnału wyjściowego po złożonych przekształceniach. Rezultat porównania sygnału jest przedstawiony w skali MOS,
 - metoda **PAMS** (*Perceptual Analysis Measurement System*), która polega na porównaniu sygnału wejściowego i sygnału wyjściowego po przekształceniach z zastosowaniem tzw. transformaty słyszalności. Rezultat porównania sygnału jest przedstawiony w skali MOS,
 - metoda **PESQ** [10] (*Perceptual Evaluation of Speech Quality*), którą można uważać za rozwinięcie metody PAMS,
- metoda **INMD** [5] (*In-service Non-intrusive Measurements Device*),
- metoda wg zalecenia P.563 [6],
- E-model,
- metoda Oceny Jakości Transmitowanego Dźwięku [1].

3. PARAMETRY WPŁYWAJĄCE NA JAKOŚĆ USŁUG GŁOSOWYCH

Wpływ rozmaitych parametrów na jakość usługi głosowej rozpatruje się w sytuacji słuchania, mówienia, konwersacji oraz wpływu szumów otoczenia [2].

Na jakość usługi głosowej w **sytuacji słuchania** wpływają następujące parametry:

- głośność (w stosunku do rozmowy między ludźmi z odległości 1m),

- jakość dźwięku zależna od parametrów systemu transmisyjnego takich jak szerokości pasma, charakterystyka częstotliwościowa, stosunek sygnału do szumów, zniekształcenia,
- zrozumiałość szczególnie istotna w przypadku obecności szumów.

Na jakość usługi głosowej w **sytuacji mówienia** wpływają następujące parametry:

- efekt lokalny telefonu mówcy,
- echo wywołane układami rozgałęzonymi oraz sprzężeniem mikrofonu i słuchawki (głośnika) w telefonie słuchającego

W **sytuacji konwersacji** na jakość usługi głosowej wpływają

- opóźnienie (szczególnie w systemach VoIP) – zwiększenie słyszalności echa
- jednoczesne mówienie obu rozmówców – włączanie tłumików echa, regulacje wzmocnień, maskowanie sygnału rozmównego przez echo

Szum otoczenia (tła, pomieszczenia) wpływa na jakość transmisji w różnych fazach rozmowy takich jak: przerwa, mówienie, słuchanie. Sygnał mowy może być zniekształcony przez układy redukcji szumów a odbiór sygnału mowy może być zaburzony przez szumy otoczenia. Jakość sygnału mowy w obecności szumów staje się jednym z najistotniejszych parametrów jakości usługi głosowej.

4. ZJAWISKO ECHA W SYSTEMACH ŁĄCZNOŚCI TELEFONICZNEJ

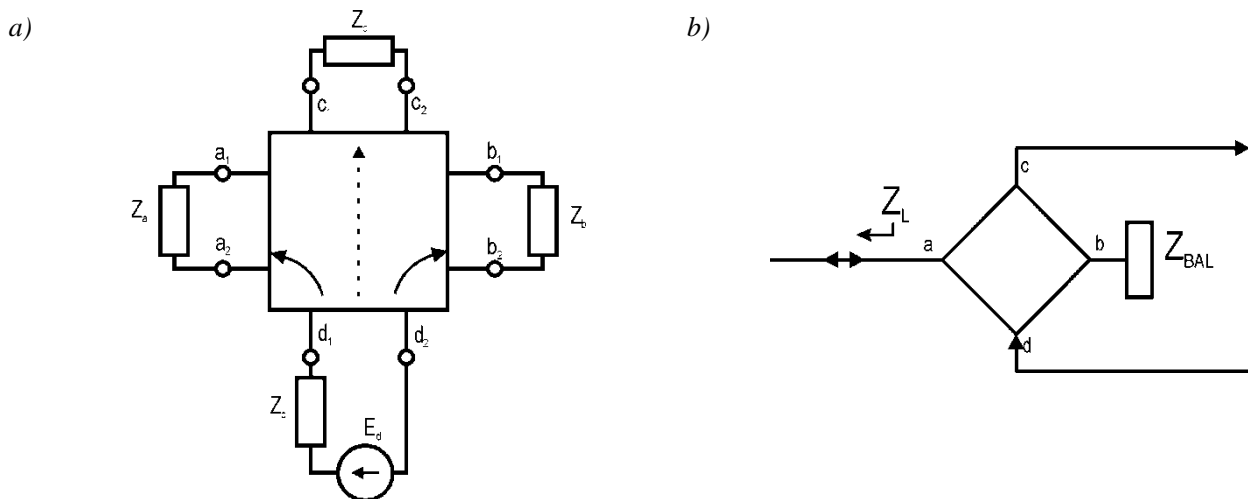
Usługi głosowe w systemach łączności telefonicznej charakteryzują się jednoczesną dwukierunkową transmisją sygnału. Niektóre elementy sieci telekomunikacyjnej mogą jednocześnie transmitować sygnały w obu kierunkach, co bywa nazywane układem dwuprzewodowym (np. kable telekomunikacyjne). Część elementów (np. wzmacniacze, pola komutacyjne cyfrowych central telefonicznych) są elementami jednokierunkowymi i wymagają stworzenia dwóch odrębnych dróg (kanałów) transmisyjnych odrębnych dla każdego kierunku, co bywa nazywane układem czteroprzewodowym. Połączenie układów dwuprzewodowych i czteroprzewodowych wymaga zastosowania układu rozgałęźnego (rozgałęźnika). Układ rozgałęźny jest elementem o 4 przyłączach (portach) – rys. 1). W stanie równoważenia równoważnik zapewnia transmisję sygnałów (jest drożny) pomiędzy przyłączami sąsiednimi (np. $a - c$, $a - d$, $b - c$, $b - d$) natomiast transmisja sygnałów pomiędzy przyłączami przeciwnymi (np. $a - b$, $c - d$) jest niemożliwa.

W przypadku pokazanym na rys. 1 zrównoważenie otrzymamy jeżeli zapewnimy odpowiednią zależność między impedancjami Z_a i Z_b . Wtedy sygnał z portu d nie będzie transmitowany do portu c . W schemacie jednokreskowym (rys. 1b) pokazano zastosowanie rozgałęźnika, który sygnał z portu d ma przesłać do portu a oraz także do portu b z dołączoną impedancją Z_{BAL} . W przypadku zrównoważenia równoważnika tzn. jeżeli stosunek impedancji wejściowej Z_L toru przyłączonego do portu a oraz impedancji Z_{BAL} będzie równy $Z_L/Z_{BAL}=k$ (wartość

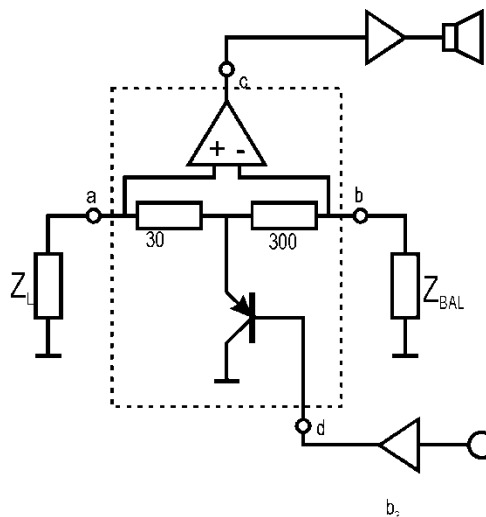
k zależy od budowy rozgałęźnika) sygnał z portu d nie będzie transmitowany do portu c .

Przykładami zastosowania rozgałęźników są układy antylokalne w telefonach, układy SLIC w cyfrowych centralach telefonicznych i barierach iskrobezpiecznych TBI 2 [14], rozgałęźniki w barierach iskrobezpiecznych ZSD [16].

Na rys. 2 pokazano zasadę działania rozgałęźnika stosowanego w telefonie sygnalizatorze JANTAR 2 zbudowanym z zastosowaniem układu AS2522.



Rys. 1. Rozgałęźnik – symbol wielokreskowy (a), symbol jednokreskowy (b)



Rys. 2. Ilustracja działania rozgałęźnika w telefonie z układem AS2522

Sygnał z mikrofonu podawany jest na układ mostkowy. W jednym ramieniu mostka jest rezystor 30Ω i impedancja wejściowa toru abonenckiego Z_L . W drugim ramieniu mostka jest rezystor 300Ω oraz impedancja równoważąca (równoważnik torowy) Z_{BAL} . Rozgałęźnik jest zrównoważony jeżeli jest

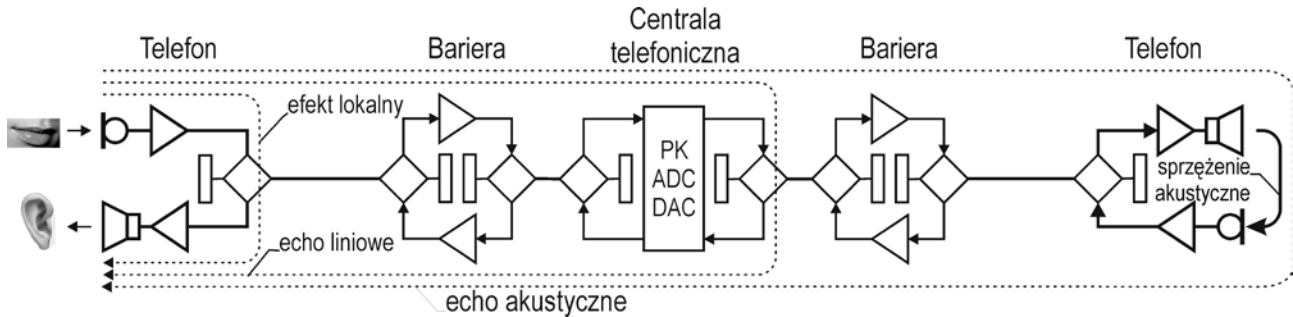
spełniony warunek $10Z_L=Z_{BAL}$ w całym zakresie częstotliwości pracy rozgałęźnika.

Na rys. 3. pokazano przykład łańcucha telefonicznego w systemie łączności telefonicznej dla kopalń metanowych. Łańcuch obejmuje dwa telefony (pracujące w układzie głośnomówiącym), dwie bariery iskrobez-

pieczne oraz cyfrową centralę telefoniczną. W takim układzie występują następujące zjawiska echa:

- echo akustyczne wywołane przez sprzężenie akustyczne między głośnikiem (słuchawką) i mikrofonem w telefonie zdalnym

- echo liniowe spowodowane niepełnym zrównoważeniem rozgałęźników w barierach iskrobezpiecznych i centrali telefonicznej
- efekt lokalny spowodowany niepełnym zrównoważeniem rozgałęźnika w telefonie lokalnym

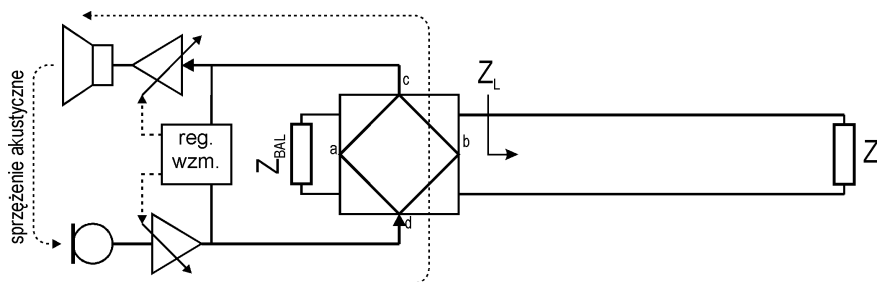


Rys. 3. Przykład łańcucha telefonicznego z zaznaczeniem rozgałęźników. PK – pole komutacyjne, ADC – przetwornik analogowo-cyfrowy, DAC – przetwornik cyfrowo-analogowy

Niekiedy może wystąpić echo wywołane sprzężeniem mechanicznym między głośnikiem (słuchawką) i mikrofonem w telefonie. W układzie z rys. 3. opóźnienia są niewielkie ($50\mu s$ dla 10 km kabla telekomunikacyjnego, kilka ms dla centrali cyfrowej) i echo jest postrzegane jako kopia tego co użytkownik mówi do mikrofonu. Niewielkie opóźnienie może wystąpić w przypadku echa akustycznego wywołanego odbiciami od ścian pomieszczenia, w którym znajduje się telefon zdalny.

W przypadku pracy telefonu w trybie głośnomówiącym niepełne zrównoważenie układu rozgałęźnego w telefonie może spowodować wytworzenie drgań

w telefonie (gwizd). Efekt ten powstaje na skutek dodatniego sprzężenia zwrotnego w pętli obejmującej: mikrofon, wzmacniacz mikrofonowy, drogę niewłaściwą układu rozgałęźnego ($d-c$), wzmacniacz głośnikowy, głośnik, sprzężenie akustyczne głośnika z mikrofonem, co pokazano na rys. 4. Dla eliminacji tego zjawiska stosuje się odpowiednią regulację wzmocnienia w torze mikrofonowym i głośnikowym. Tego rodzaju funkcję realizują między innymi specjalizowane układy scalone (np. układ AS2522B zastosowany w telefonie sygnalizatorze JANTAR 2 [14, 19]).



Rys. 4. Ilustracja mechanizmu wzbudzenia drgań w telefonie głośnomówiącym

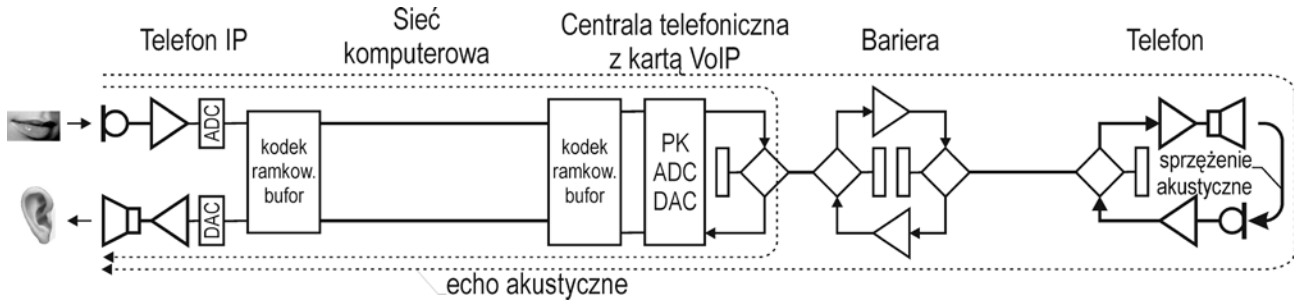
Tłumienność rozgałęźnika na drodze niewłaściwej zależy od tego na ile dopasowana jest charakterystyka częstotliwościowa impedancji równoważnika torowego Z_{BAL} do charakterystyki częstotliwościowej impedancji wejściowej Z_L toru przewodowego zamkniętego na końcu impedancją wejściową następnego elementu łańcucha telefonicznego (np. bariery iskrobezpiecznej). Najczęściej impedancję Z_{BAL} dopasowuje się w przybliżeniu do katalogowej charakterystyki częstotliwościowej impe-

dancji falowej Z_f toru przewodowego. W rzeczywistych instalacjach impedancja wejściowa toru przewodowego różni się od impedancji falowej ze względu na obciążenie impedancją różną od falowej. Powoduje to niedopasowanie układu rozgałęźnego. Dla ograniczenia tego efektu w telefonie sygnalizatorze JANTAR 2 zastosowano możliwość zdalnego ustawienia (zdalnie z serwera telekomunikacyjnego) impedancji Z_{BAL} w zależności od długości toru przewodowego [14].

Nieco inny jest mechanizm powstawania echa w przypadku wykorzystywania techniki VoIP do realizacji usług głosowych.

Na rys. 5. pokazano przykład łańcucha telefonicznego zawierającego telefon VoIP, centralę telefoniczną z kartą VoIP oraz telefon analogowy z barierą iskrobezpieczną. W telefonie VoIP oraz na karcie

VoIP centrali telefonicznej występują kodeki z układami ramkowania (pakietyzacji), buforami dla kompensacji jittera, które wnoszą stosunkowo duże opóźnienia (np. 30 ms dla ramkowania). W tego rodzaju rozwiązaniach użytkownicy mogą wyraźnie słyszeć własne echo.



Rys. 5. Przykład łańcucha telefonicznego z wykorzystaniem cyfrowej centrali telefonicznej z kartą VoIP

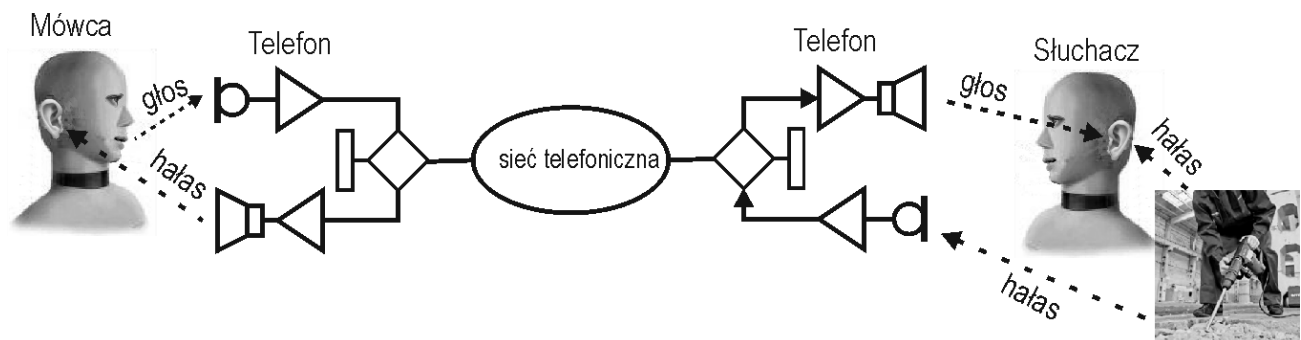
5. WPŁYW SZUMÓW NA JAKOŚĆ USŁUG GŁOSOWYCH W SYSTEMACH ŁĄCZNOŚCI TELEFONICZNEJ

W warunkach przemysłowych (w tym również w kopalniach) telefony a także sygnalizatory alarmowe mogą być instalowane w pomieszczeniach o dużym poziomie hałasu wywołanego przez pracujące maszyny. Hałas środowiska ma duży wpływ na jakość usług głosowych.

Na rys. 6 pokazano wpływ hałasu po stronie słuchacza na prowadzenie rozmowy telefonicznej. Do uszu słuchacza dociera sygnał mowy z głośnika lub słuchawki telefonu oraz hałas środowiska. Na jakość

rozmowy telefonicznej wpływa odstęp pomiędzy poziomem sygnału użytecznego (rozmowy telefonicznej) i poziomem hałasu. Ponadto mikrofon po stronie słuchacza odbiera hałas, który jest transmitowany do mówcy i jest przez niego słyszalny, co też wpływa na jakość realizowanej usługi głosowej.

Na rys. 7. pokazano wpływ hałasu po stronie mówcy na prowadzenie rozmowy telefonicznej. Mikrofon po stronie mówcy odbiera zarówno sygnał mowy wytwarzany przez mówcę jak i hałas i suma obu tych sygnałów jest przekazywana do telefonu słuchacza. Jednocześnie hałas wpływa na zachowanie mówcy wywołując tzw. efekt Lombarda polegający na zwiększeniu natężenia głosu a także zmianie tonacji, tempa i czasu trwania sylab [13].



Rys. 6. Ilustracja wpływu hałasu po stronie słuchacza na rozmowę telefoniczną

Dla zmniejszenia wpływu hałasu pomieszczenia na jakość usługi głosowej stosuje się następujące środki:

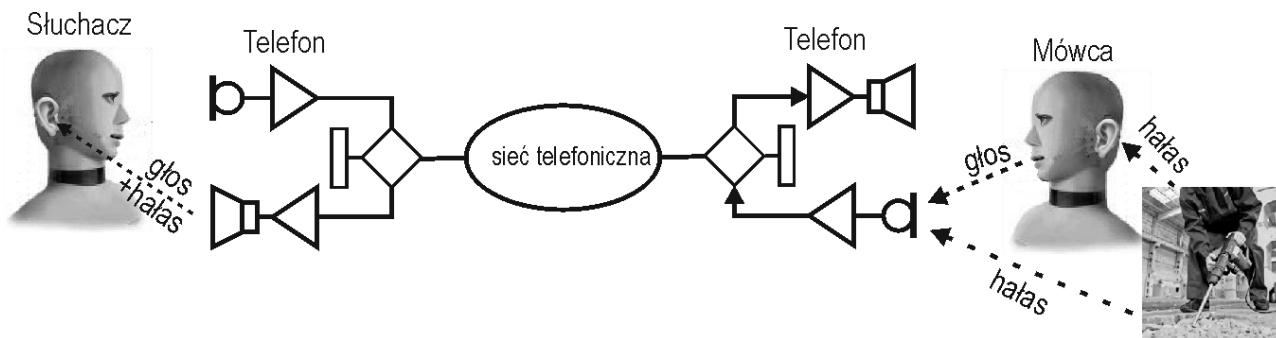
- rezygnacja (tam gdzie to jest możliwe) z korzystania z trybu telefonu głośnomówiącego i korzystanie z mikrotelefonu

- stosowanie mikrotelefonu i słuchawki dodatkowej co w istotny sposób poprawia warunki słuchania głosu (słuchawki tłumią w istotny sposób hałas wnikaający do uszu użytkownika) co pokazano na rys. 8.

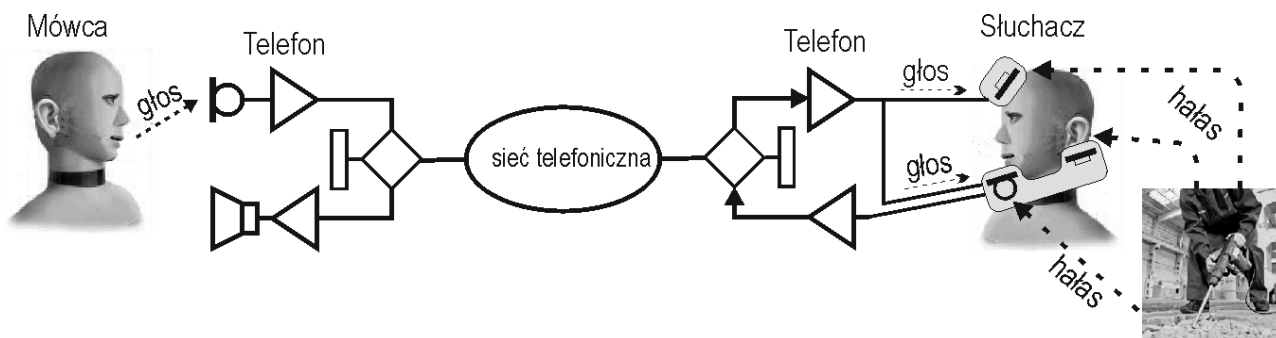
- stosowanie dodatkowego mikrofonu dla kompensacji hałasu lub stosowanie mikrofonu różnicowego przy zapewnieniu małej odległości między źródłem dźwięku (usta) a mikrofonem, co pokazano na rys. 9; W mikrofonie różnicowym hałas emitowany ze źródła ze stosunkowo dużej odległości oddziałuje na membranę mikrofonu

w przeciwnych kierunkach, natomiast sygnał z bliskiego źródła (usta) oddziałuje tylko z jednego kierunku (takie rozwiązanie zastosowano w telefonie sygnalizatorze Jantar 2 [14])

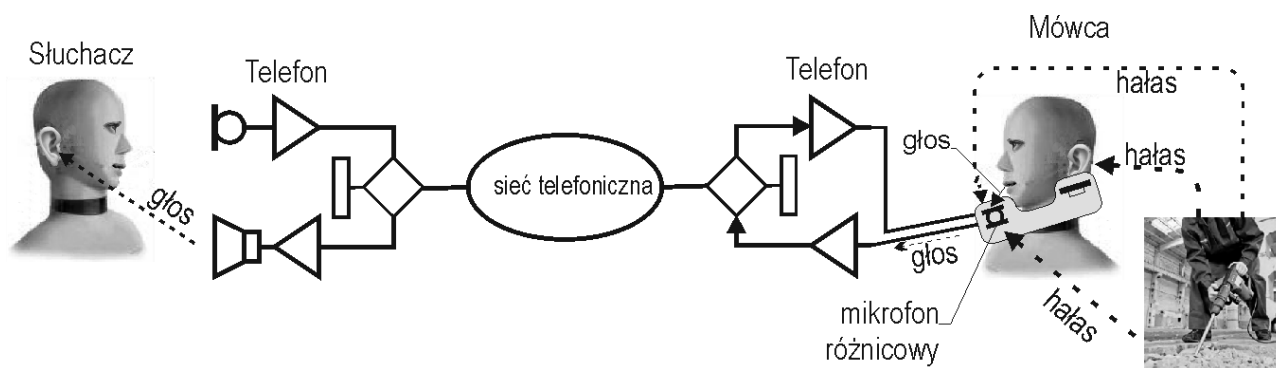
- stosowanie zaawansowanych metod cyfrowego przetwarzania sygnałów głosowych (rozdział 6).



Rys. 7. Ilustracja wpływu hałasu po stronie mówcy na rozmowę telefoniczną



Rys. 8. Ilustracja ograniczenia wpływu hałasu na słuchacza przez zastosowanie mikrotelefonu i słuchawki dodatkowej



Rys. 9. Ilustracja ograniczenia wpływu hałasu na mówcę przez zastosowanie mikrotelefonu z mikrofonem różnicowym

6. ZASTOSOWANIE CYFROWEGO PRZETWARZANIA SYGNAŁU MOWY DO REDUKCJI ECHA I SZUMÓW

- Podstawowym sposobem redukcji zjawiska echa jest:
- dobre zrównoważenie układów rozgałęzionych dla echa liniowego,

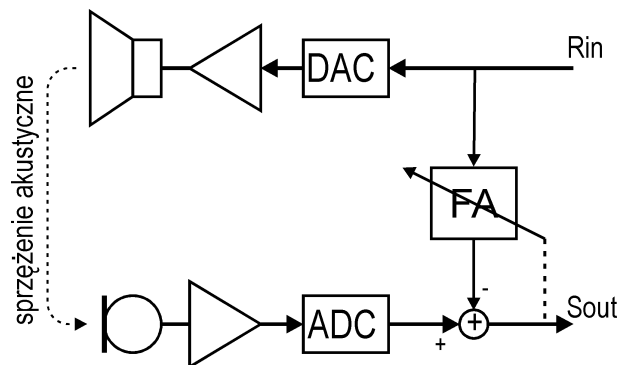
- właściwe usytuowanie mikrofonu i głośnika w telefonie głośnomówiącym.

Wprowadzenie techniki cyfrowej w systemach łączności telefonicznej pozwala na dalszą redukcję echa przez wprowadzenie cyfrowych filtrów adaptacyjnych. Na rys. 10 pokazano uproszczonych schemat blokowy fragmentu telefonu z tłumikiem echa akustycznego. W torze mikrofonu znajduje się układ

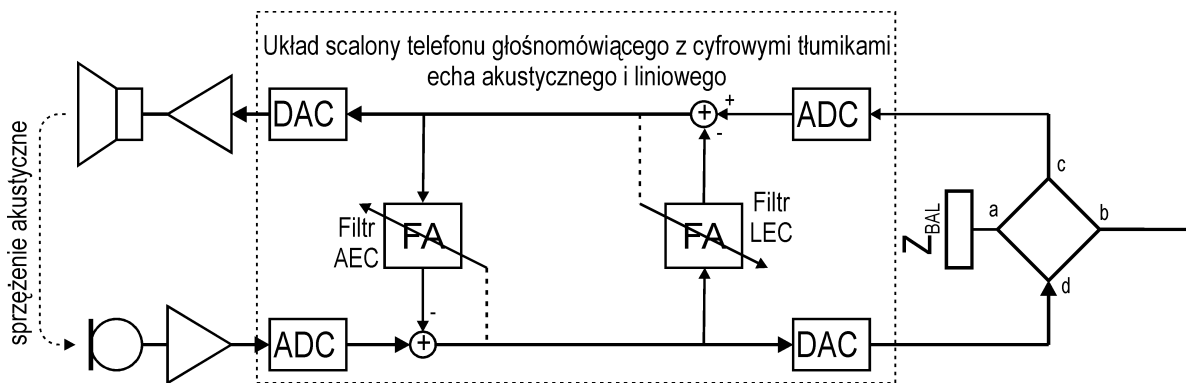
odejmujący sygnał przychodzący z mikrofonu oraz sygnał z toru głośnikowego przepuszczony przez filtr adaptacyjny dostrojony w ten sposób, aby różnica sygnału wywołanego przez sprzężenie akustyczne głośnika i mikrofonu oraz sygnału wyjściowego filtru była bliska 0. W ten sposób osoba mówiąca do mikrofonu zdalnego telefonu (nie pokazanego na rys. 10) nie będzie słyszała echa wywołanego sprzężeniem akustycznym.

Filtry cyfrowe (cyfrowe tłumiki echa) można również zastosować w urządzeniach analogowych. Na rys. 11 pokazano uproszczony schemat blokowy telefonu z układem scalonym CS6422 [20] zawierającym tłumik echa akustycznego AEC² oraz tłumik echa liniowego LEC³. Tłumik echa liniowego zawiera adaptacyjny filtr LEC dostrojony w ten sposób, aby zredukować prawie do zera sygnał mikrofonu przedostający się drogą niewłaściwą układu rozgąłkowego (d-c) do toru głośnikowego. Tłumik echa akustycznego działa podobnie jak na rys. 10. Układ

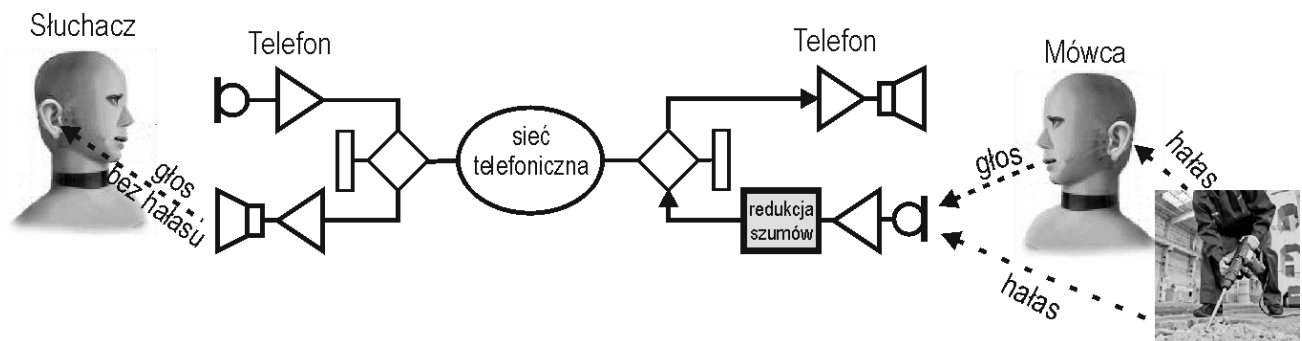
CS6422 zawiera niezbędne przetworniki analogowo-cyfrowe ADC i cyfrowo-analogowe.



Rys. 10. Uproszczony schemat blokowy tłumika echa akustycznego. ADC – przetwornik analogowo-cyfrowy, DAC – przetwornik cyfrowo-analogowy



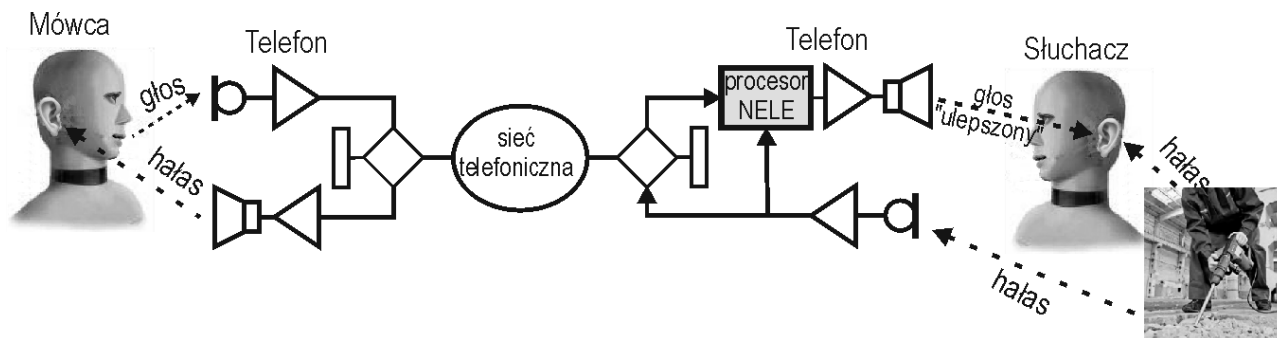
Rys. 11. Uproszczony schemat blokowy telefonu analogowego z cyfrowymi tłumikami echa (układ scalony CS6422)



Rys. 12. Uproszczony schemat blokowy ilustrujący możliwość obniżenia poziomu szumów po stronie mówcy z zastosowaniem filtru (nie narysowano przetworników ADC i DAC)

² ang. Acoustic Echo Canceller

³ ang. Line Echo Canceller



Rys. 13. Schemat blokowy ilustrujący możliwość polepszenia jakości usługi głosowej przez zastosowanie metody NELE

Zastosowanie techniki cyfrowej pozwala poprawić jakość usług głosowych w przypadku obecności hałasu. W przypadku obecności hałasu w pobliżu telefonu mówcy (rys. 12) można zastosować filtr cyfrowy redukujący hałas z zastosowaniem odejmowania widma hałasu od widma sygnału głosu wraz z hałasem. W tej metodzie zakłada się, że w krótkich przedziałach czasu widmo hałasu mierzone w przerwach sygnału mowy ulega niewielkim zmianom. Można również stosować dodatkowy mikrofon (mikrofony) do pomiaru hałasu.

W przypadku obecności hałasu w pobliżu telefonu słuchacza można zastosować metodę NELE⁴ [18]. W metodzie NELE dokonywany jest pomiar widma szumu wywołanego hałasem, a następnie widmo sygnału mowy jest modyfikowane (zwiększanie poziomu) tak by uzyskać niezbędny odstęp sygnału użytecznego od szumu (rys. 13). Sygnał z głośnika w obecności szumu ma wyższy poziom.

7. WNIOSKI

Usługi głosowe w kopalniach są realizowane przez szereg systemów telekomunikacyjnych takich jak ogólnokopalniane systemy łączności telefonicznej i alarmowej, systemy łączności telefonicznej VoIP (stacjonarne i mobilne), systemy łączności z terminalami ruchomymi z wykorzystaniem różnych protokołów komunikacji radiowej. Terminale tych systemów pracują w różnych środowiskach (warunkach akustycznych). Ocena jakości usług głosowych w rzeczywistych warunkach pracy tych systemów jest obecnie utrudniona.

Potrzebne jest zaadaptowanie istniejących metod oceny jakości usług głosowych dla potrzeb górni-

czych systemów łączności uwzględniających warunki akustyczne oraz strukturę tych systemów (np. obecność barier iskrobezpiecznych).

Istotnymi zjawiskami wpływającymi na jakość usług głosowych są echa oraz szumy wywołane hałasem urządzeń pracujących w pobliżu telefonu. W artykule przedstawiono, realizowane technikami analogowymi, sposoby ograniczenia wpływu tego typu zjawisk na jakość usług głosowych. Pokazano również możliwości zastosowania technik cyfrowych do tłumienia echa i ograniczania szumów. Daje to możliwość polepszenia parametrów funkcjonalnych elementów systemów łączności dla kopalń.

Literatura

1. Apiecionek L.: Metoda oceny jakości transmisji głosowej w telefonii VoIP. Rozprawa doktorska. Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Bydgoszcz 2010.
2. Gierlich H. W., Kettler F.: Advanced speech quality testing of modern telecommunication equipment: An overview. *Signal Processing* 86 (2006) 1327–1340
3. Instytut Łączności, Państwowy Instytut Badawczy.: Opracowanie unikalnej oferty kompleksowych badań systemów telekomunikacyjnych zintegrowanych za pośrednictwem platformy IP przeznaczonych na potrzeby służb ratowniczych i innych organizacji komercyjnych. Etap I, Warszawa 2006
4. ITU-T Recommendation P.50. Artificial voices. Appendix I. Test signals. International Telecommunication Union, February 1998.
5. ITU-T Recommendation P.561 In-service non-intrusive measurement device. Voice service measurements. International Telecommunication Union, July 2002.
6. ITU-T Recommendation P.563 Single-ended method for objective speech quality assessment in narrow-band telephony applications. International Telecommunication Union, May 2004.
7. ITU-T Recommendation P.800: Methods for Subjective Determination of Transmission Quality. International Telecommunication Union, August 1996.
8. ITU-T Recommendation P.832, Subjective Performance Evaluation of Hands-free Terminals, International Telecommunication Union, Geneva, 2000.
9. ITU-T Recommendation P.861. Objective quality measurement of telephone band (300-3400 Hz) speech codecs. International Telecommunication Union, February 1998.
10. 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, February 2001

⁴ ang Near End Listening Enhancement

11. Janicki A., Księżak B., Kijewski J., Kula S.: Badanie jakości sygnału mowy w telefonii internetowej z wykorzystaniem zdań nieprzewidywalnych semantycznie. Przegląd Telekomunikacyjny, nr 8-9/2006
12. Kobus R., Kowalewski M., Mucha B.: Jakość usługi głosowej w sieciach telekomunikacyjnych. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne. 1-2/2010
13. Lau P.: The Lombard Effect as a Communicative Phenomenon. UC Berkeley Phonology Lab Annual Report (2008)
14. Miśkiewicz K., Wojaczek A., Dzierżko J.: Nowe elementy systemu telekomunikacyjnego HETMAN. Materiały XXXVI Konferencji Sekcji Cybernetyki w Górnictwie KG PAN. Telekomunikacja i Systemy Bezpieczeństwa w górnictwie. ATI 2008. Szczyrk, maj 2008.
15. Miśkiewicz K., Wojaczek A., Wojtas P.: Systemy dyspozytorskie kopalń podziemnych i ich integracja. Wybrane problemy. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2011.
16. Miśkiewicz K., Wojaczek A.: Identification of dynamic properties of the intrinsically safe barrier for telephone system. Proceedings of IFAC Workshop Automation in Mining, Mineral and Metal Industry MMM'2006. Cracow, September 2006
17. PN-90-/T-05100, Analogowe łańcuchy telefoniczne. Wymagania i metody pomiaru wyrazistości logatomowej. Warszawa 1993
18. Premananda B.S., Ravisha B.: Listening Enhancement in Near End Noisy Environment for Intelligibility Improvement IRACST – International Journal of Computer Networks and Wireless Communications (IJCNC), Vol.4, No3, June 2014
19. Telephone Line Interface and Speakerphone Circuit. AS2522B. Data Sheet. Austria Mikrosystems.
20. Cirrus Logic. Enhanced Full-duplex Speakerphone IC CS6422

KAZIMIERZ MIŚKIEWICZ, ANTONI WOJACZEK
Politechnika Śląska
kmiskiewicz@polsl.pl; awojaczek@polsl.pl