

Marek Sumiła<sup>1</sup>, Mariusz Rychlicki<sup>2</sup>

Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, Zakład Telekomunikacji w Transporcie

## Nomadyczna linia telefoniczna dla małych firm logistycznych

### WPROWADZENIE

Pojęcie nomadyczności utożsamiane jest z osobnikiem niemającym stałego miejsca zamieszkania, prowadzącym koczowniczy lub pasterski tryb życia. Do słownika pojęć z dziedziny telekomunikacji słowo to zostało wprowadzone kilka lat temu przez niezależnego operatora Sferia, jako element reklamowy usługi telefonu stacjonarnego przypisanego do abonenta, a nie do miejsca jego przebywania.

Przez wielu termin ten jest mylony z pojęciem mobilny, który w uproszczeniu pokrywa się ze znaczeniem słowa nomadyczny, jednak w przypadku abonenta mobilnego mamy do czynienia z komunikacją w ruchu, podczas gdy w przypadku abonenta nomadycznego mamy do czynienia z abonentem, który zmieniając miejsce pobytu jest zawsze dostępny pod tym samym numerem telefonicznym.

Pojęcie małych firm logistycznych jest szczególnie wyeksponowane w dobie Internetu. Firmy te, jako jedno z podstawowych narzędzi działania wykorzystują rozwiązania teleinformatyczne, mające na celu zbieranie informacji o stanie procesów logistycznych, kontakt z klientem oraz działania pomocnicze mające wpływ na sprawne funkcjonowanie przedsiębiorstwa. Często oferując towary swoim klientom, sami nie posiadają go we własnych magazynach. Posiadają jednak wystarczającą wiedzę o tym, skąd mogą go szybko sprowadzić, aby zaspokoić żądania swoich klientów. Wraz z rozwojem takich firm nierzadko zachodzi potrzeba przeniesienia części linii stacjonarnych do nowej lokalizacji. Proces ten należy uznać za powolny, gdyż operatorzy rezerwują na taką operację od kilku dni do nawet dwóch tygodni, co z punktu widzenia firmy jest nie do przyjęcia, gdyż każdy dzień przestoju oznacza straty.

Zachowanie dotychczasowego numeru przez abonenta, przy jednoczesnej zmianie miejsca odbierania połączeń stało się celem projektu badawczego przeprowadzonego w Zakładzie Telekomunikacji w Transporcie Politechniki Warszawskiej. Wyniki przeprowadzonych badań opisano w dalszej części tego artykułu.

### 1. PROJEKT LINII NOMADYCZNEJ

#### 1.1. Założenia do projektu

W projekcie linii nomadycznej przyjęto następujące założenia:

- Firma posiada dostęp do linii telefonicznych operatora sieci stacjonarnej w lokalizacji pierwotnej,
- Firma nie zamierza angażować operatora w celu zmiany miejsca obsługi terminali końcowych,
- Firma oczekuje możliwości łatwego przenoszenia linii wraz z kolejną zmianą lokalizacji,
- Firma nie wyraża zgody na zaangażowanie w proces przenoszenia numeru (teraz i w przyszłości) firm pośredniczących, w tym również operatorów wirtualnych i operatorów VoIP,
- Firma posiada stały dostęp do sieci Internet w każdej z zajmowanych lokalizacji,
- Firma oczekuje możliwości wskazania dowolnej lokalizacji, również poza granicami kraju,
- Środki na stworzenie linii nomadycznej są ograniczone.

<sup>1</sup> sumila@it.pw.edu.pl

<sup>2</sup> mry@it.pw.edu.pl

## 1.2. Ocena możliwości technicznych i wybór rozwiązania

Przyjęte założenia mocno ograniczają dostępne na rynku środki techniczne. Dotyczy to również możliwości wykorzystania usługi telefonu stacjonarnego na bazie sieci komórkowej GSM. Najczęściej proponowanym rozwiązaniem, w takich sytuacjach, jest telefonia internetowa VoIP (*Voice over Internet Protocol*), jednak i to rozwiązanie w klasycznym ujęciu nie jest dopuszczalne ze względu na konieczność angażowania operatora sieci VoIP lub sporych własnych środków w stworzenie własnego systemu VoIP.

Pomimo tych ograniczeń i oczekiwań ze strony firmy pełnej niezależności od wszelkich operatorów telekomunikacyjnych, przy równoczesnym, zagwarantowanym, dostępie do globalnej sieci internetowej, należało opracować rozwiązanie wykorzystujące dostępne medium i na jego bazie stworzyć linię nomadyczną umożliwiającą przeniesienie gniazdka telefonicznego w dowolne geograficznie miejsce, które wybierze nabywca rozwiązania.

Wśród dostępnych na rynku rozwiązań technicznych na uwagę zasługuje urządzenie firmy Linksys Cisco SPA 3102. Jest to specjalizowane i zarazem jedno z nielicznych urządzeń komutacji VoIP, w przystępnej dla przeciętnego odbiorcy cenie, posiadające zarówno porty (gniazda) wejściowe FXO (*Foreign eXchange Office*), jak i wyjściowe FXS (*Foreign eXchange Station*). Wymienione porty telekomunikacyjne mogą posłużyć z jednej strony do odtwarzania zachowań terminali analogowych (FXO), z drugiej strony posłużyć do podłączenia takich właśnie terminali (FXS). SPA 3102, ze względu na swoją konstrukcję spełnia rolę routera i prostego komutatora połączeń<sup>3</sup>, jednak ze względu na ograniczoną liczbę portów oraz niewielką moc obliczeniową procesora nie może być traktowany jako centrala VoIP. Przyjęto założenie, iż odpowiednia konfiguracja tego urządzenia pozwoli osiągnąć funkcjonalność linii nomadycznej.

Reasumując, SPA 3102 jest urządzeniem umożliwiającym konwersję sygnału analogowego pochodzącego z centrali, a doprowadzonego do gniazdka telefonicznego w pierwszej lokalizacji abonenta, na sygnał cyfrowy zakodowany kodekiem głosowym i obudowany w nagłówki protokołów czwartej, trzeciej, drugiej warstwy modelu OSI.

Do odtwarzania sygnałów występujących w gniazdku telefonicznym przekazanych linią nomadyczną, po stronie zdalnej zastosowano standardową bramkę VoIP tego samego producenta. Jest to Linksys Cisco PAP2T. Pozwala ona na podłączenie dwóch terminali analogowych, z których każdy może być obsługiwany niezależnie od drugiego.

## 1.3. Koncepcja rozwiązania

Opracowane rozwiązanie linii nomadycznej polega na podłączeniu routera SPA 3102 do istniejącej analogowej linii abonenckiej i przetworzenie sygnałów pochodzących z tej linii zgodnie z protokołem komutacji VoIP – SIP (*Session Initiation Protocol*), a następnie wysłanie tak przetworzonej informacji poprzez sieć Internet na wskazany i z góry zadeklarowany adres IP urządzenia odbiorczego. Tym urządzeniem jest bramka VoIP, której konfiguracja pozwala tylko i wyłącznie na komunikację z routerem SPA 3102. W ten sposób utworzona została stała linia telefoniczna, w globalnej sieci Internet. Schemat połączeń przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat linii nomadycznej

Źródło: opracowanie własne.

<sup>3</sup> Dzięki wbudowanym mechanizmom planów numeracyjnych (Dial Plan).

Wszelkie wywołania kierowane na numer abonenta (gniazdo w pierwotnej lokalizacji), a podłączonego do linii nomadycznej zostaną poddane konwersji i wysłane przez Internet do urządzenia odbiorczego po drugiej stronie tej linii, gdzie nastąpi proces odwrotnej konwersji, tym razem na sygnał zgodny ze standardem terminali analogowych.

Podobnie w drugą stronę. Abonent znajdujący się na końcu linii nomadycznej, podnosząc mikrotelefon swojego aparatu, aktywuje bramkę PAP2T, a ta z kolei przekazuje sygnał inicjalizacji zestawiania połączenia do SPA 3102, jako wynik przetwarzania informacji komutacyjnych przekazywanych w wiadomościach protokołu SIP. Router aktywuje port FXO, w taki sam sposób, jakby zrobił to abonent podnoszący mikrotelefon swojego terminala, podłączonego bezpośrednio do tego gniazdka.

#### 1.4. Konfiguracja urządzeń

Proces konfiguracji należy przeprowadzić na bazie sieci lokalnej LAN ze względu na bezpośredni dostęp do urządzeń, który pozwala natychmiastowo ocenić ich stan, a w przypadku zerwania z nim łączności, na przywrócenie parametrów poprzez wbudowany w urządzenia system IVR (*Interactive Voice Response*).

Konfigurację podzielono na dwa etapy. W pierwszym etapie należało dokonać właściwego okablowania routera SPA 3102. Jest to pierwszy element, który musi być umiejscowiony w siedzibie firmy, w pobliżu gniazdka telefonicznego, które będzie stanowiło początek linii nomadycznej. Gniazdo to łączy się kablem telefonicznym z portem FXO. Za jego pośrednictwem możliwe jest odebranie wszelkich sygnałów z linii telefonicznych, przekazywanie wybieranych numerów za pomocą sygnałów DTMF, odbiór tonów z centrali i przekazywanie sygnałów mowy z określonym poziomem wzmocnienia. Na wyjściu urządzenia mamy do dyspozycji dwa porty pracujące w warstwie drugiej modelu OSI z protokołem Ethernet. Wybór właściwego portu jest o tyle istotny, że routowane pakiety VoIP na jeden z tych portów nie są przekazywane.

Podłączenie drugiego urządzenia na drugim końcu linii jest analogicznie odwrotne. Wejściem sygnału jest gniazdo sieci Internet, a terminal abonencki podłączamy do jednego z dwóch dostępnych gniazd „PHONE1” lub „PHONE2”. Należy przy tym pamiętać, że wybór gniazda jest istotny w dalszym procesie konfiguracji urządzenia.

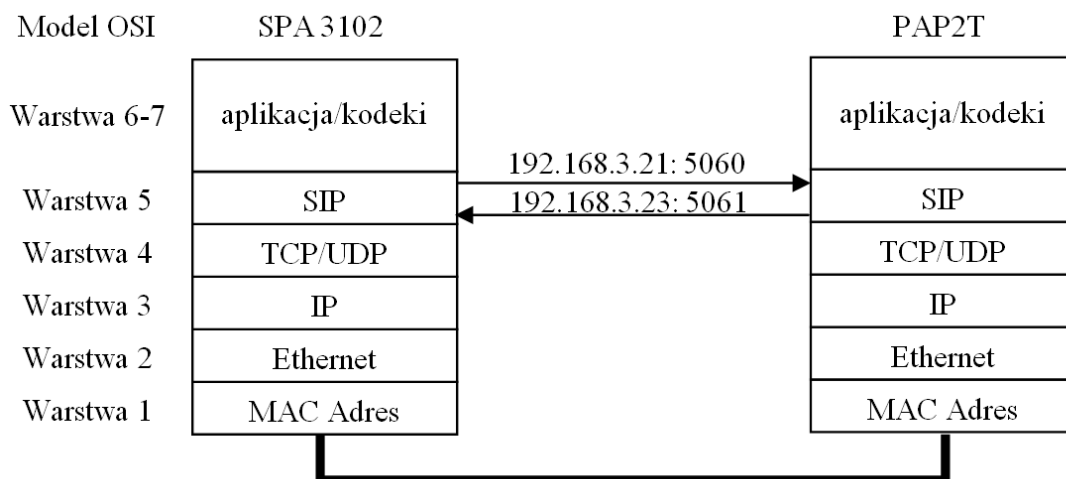
W drugim etapie realizacji projektu należy przeprowadzić konfigurację parametrów pracy urządzeń. Proces ten jest realizowany z poziomu przeglądarki internetowej zainstalowanej na dowolnym komputerze pracującym w tej samej sieci co konfigurowane urządzenia. W przypadku, gdy urządzenia są włączone bezpośrednio do sieci globalnej, należy wstępnie je skonfigurować nadając im na stałe adresy publiczne. Ten etap konfiguracji najlepiej wykonać za pomocą terminala abonenckiego, który za pomocą kodów technicznych umożliwia wpisanie numeru stałego IP z klawiatury terminala. Wynikiem wstępnej konfiguracji powinna być możliwość wyświetlenia wszystkich parametrów obu urządzeń, równocześnie, na wspomnianym wcześniej komputerze.

Dodatkowo, mając na uwadze konieczność zapewnienia sygnalizacji abonenckiej, w dwóch kierunkach teletransmisyjnych, należy zadbać o to, aby podczas konfiguracji linii wykorzystać dwa porty logiczne warstwy transportowej modelu OSI. Wybór portów jest dość dowolny, jednak najlepiej wybrać takie, które są zbliżone do tych powszechnie wykorzystywanych do komutacji z zaimplementowanym w SPA3102 protokołem SIP. W projekcie wykorzystano porty 5060, 5061. Będą one służyć do niezależnej obsługi stron podczas zestawiania połączeń na linii nomadycznej. Koncepcję komunikacji na linii na płaszczyznach warstw modeli OSI przedstawiono na rysunku 2.

W dalszym ciągu procesu konfiguracyjnego należy zadeklarować dla routera SPA 3102 obsługę połączeń od strony centrali telefonicznej oraz od strony sieci Internet.

Od strony PSTN należy zdefiniować: nazwę abonenta (*User ID*), tryb rejestracji połączeń (*Register*), port przeznaczony do przekazywania wiadomości SIP (*SIP Port*), ograniczenie wykonywania i odbierania połączeń bez rejestracji w centrali VoIP (*Make Call Without Reg/ Ans Call Without Reg*), numer planu (*PSTN Caller Default DP*) i plan numeracyjny (*Dial Plan*), przekazywanie sygnału dzwonka na port „Line 1” (*PSTN Ring Thru Line 1*) oraz opóźnienie przekazania informacji wybierczej (*PSTN Answer Delay*). Dodatkowo, w przypadku niektórych linii należy dokonać korekcji impedancji portu do sieci publicznej

(FXO Port Impedance), stopień wzmocnienia sygnałów (SPA To PSTN Gain/ PSTN To SPA Gain), impedancję dzwonnika terminala (Ringer Impedance), itp.



Rys. 2. Schemat linii nomadycznej na tle modelu warstwowego OSI

Źródło: opracowanie własne.

Na rysunku przedstawiono fragment interfejsu konfiguracyjnego routera SPA3102.



Rys. 3. Widok okna konfiguracyjnego SPA 3102

Źródło: opracowanie własne.

Od strony sieciowej należy zdefiniować: nazwę abonenta (*User ID*), tryb rejestracji połączeń (*Register*), port przeznaczony do przekazywania wiadomości SIP (*SIP Port*), ograniczenie wykonywania i odbierania połączeń bez rejestracji w centrali VoIP (*Make Call Without Reg/ Ans Call Without Reg*), przekazywanie wybierania numeru w sieci IP (*Enable IP Dialing*) oraz plan numeracyjny (*Dial Plan*).

Konfiguracja parametrów drugiego z urządzeń (PAP2T) znajdującego się na końcu linii nomadycznej jest zbliżona do konfiguracji typowej bramy VoIP i dotyczy: nazwy użytkownika (*User ID*), filtracji NAT (*NAT Keep Alive Enable*), wymogu rejestracji bramy (*Register*) i czasu, po którym rejestracja wygasa (*Register Expires*), portu SIP (*SIP Port*), kodeka audio (*Preferred Codec*), adresu IP strony inicjującej łącze (*Proxy*), itd.

## 2. ANALIZA FUNKCJONOWANIA LINII NOMADYCZNEJ

Przeprowadzona konfiguracja urządzeń umożliwiła stworzenie przedłużonej analogowej linii abonenckiej, której część jest realizowana w sieci Internet. Dalsze prace nad tym projektem polegały na ocenie jakości transmisji głosowej za pośrednictwem stworzonej linii nomadycznej.

W celu określenia zrozumiałości sygnału mowy zwykle wykorzystuje się skalę MOS (*Mean Opinion Score*), czyli średnią ocenę użytkownika opracowaną w zaleceniu P.800 ITU-T [2], która określa subiektywną ocenę zrozumiałości przekazu dźwięków mowy ludzkiej. Skalę oceny MOS podzielono na pięć poziomów (patrz tabela 1).

Tab. 1. Skala oceny zrozumiałości dźwięków mowy

Jakość	Ocena MOS
Doskonała	5
Dobra	4
Dostateczna	3
Mierna	2
Niedostateczna	1

Zródło:[2].

Oczekiwania w stosunku do jakości połączeń głosowych muszą uwzględniać element przepustowości łącza dostępu do Internetu. Parametry wybranych kodeków przedstawione zostały w tabeli 2.

Tab. 2. Podstawowe parametrów popularnych kodeków audio

Nazwa kodeka	Jakość (MOS)	Opóźnienie kodowania [ms]	Przepływność nominalna [kbit/s]
G.711	4,1	0,125	64
G.726	3,9	0,125	16; 24; 32; 40
G.728	3,6	0,625	16
G.729	3,9	10	8
G.729a	3,7	10	8
G.723.1	3,9	37,5	6,3
G.723.1	3,6	37,5	5,3
GSM 6.10	3,7	20	13,2
iLBC	3,9	30; 20	13,33; 15,2
Speex	b.d.	20	5,95; 8; 12; 15,2; 18,4; 24,8

Zródło: opracowanie własne.

Zawarte w tabeli 2 wartości skali MOS należy traktować jako graniczne, tak więc mogą ulec obniżeniu na skutek innych czynników wpływających na transmisję głosu w sieci pakietowej. Przeprowadzone badania

potwierdziły dobrą jakość połączeń. Poziom zakłóceń był akceptowalny, tym niemniej sygnał po drugiej stronie łącza oceniono, w przypadku części kodeków, jako stłumiony. Zaobserwowane zjawisko potwierdza fakt wykorzystania kodeków o dużym stopniu kompresji.

Tabela 2 zawiera również nominalne wartości przepływności dla wybranych kodeków audio. Wartości te mogłyby posłużyć jako parametry graniczne do ustalenia minimalnych parametrów łącza dostępu do Internetu, jednak jest to błędne rozumowanie. W rzeczywistych systemach trzeba doliczyć do wartości nominalnych wielkości narzutów każdej z niższych warstw modelu OSI. W tabeli 3 zestawiono wartości minimalnej przepływności ramek lub pakietów zawierających dane głosowe na poziomach warstwy trzeciej (IP), drugiej (Ethernet) i pierwszej (PPP).

Tab. 3. Wielkość narzutów protokołów warstw niższych na transmisję głosową

Nazwa kodeka	podstawowa [kb/s]	IP [kb/s]	Ethernet [kb/s]	PPP [kb/s]
G.711	64	80,0	95,2	83,2
	64	74,7	84,8	76,8
G.726	16	32,0	47,2	35,2
	24	40,0	55,2	43,2
	40	56,0	71,2	59,2
G.728	16	32,0	47,2	35,2
G.729	8	40,0	70,4	46,4
G.723.1	5,3	16,0	26,1	18,1
	6,3	17,0	27,1	19,1
GSM	13,2	29,2	44,4	32,4

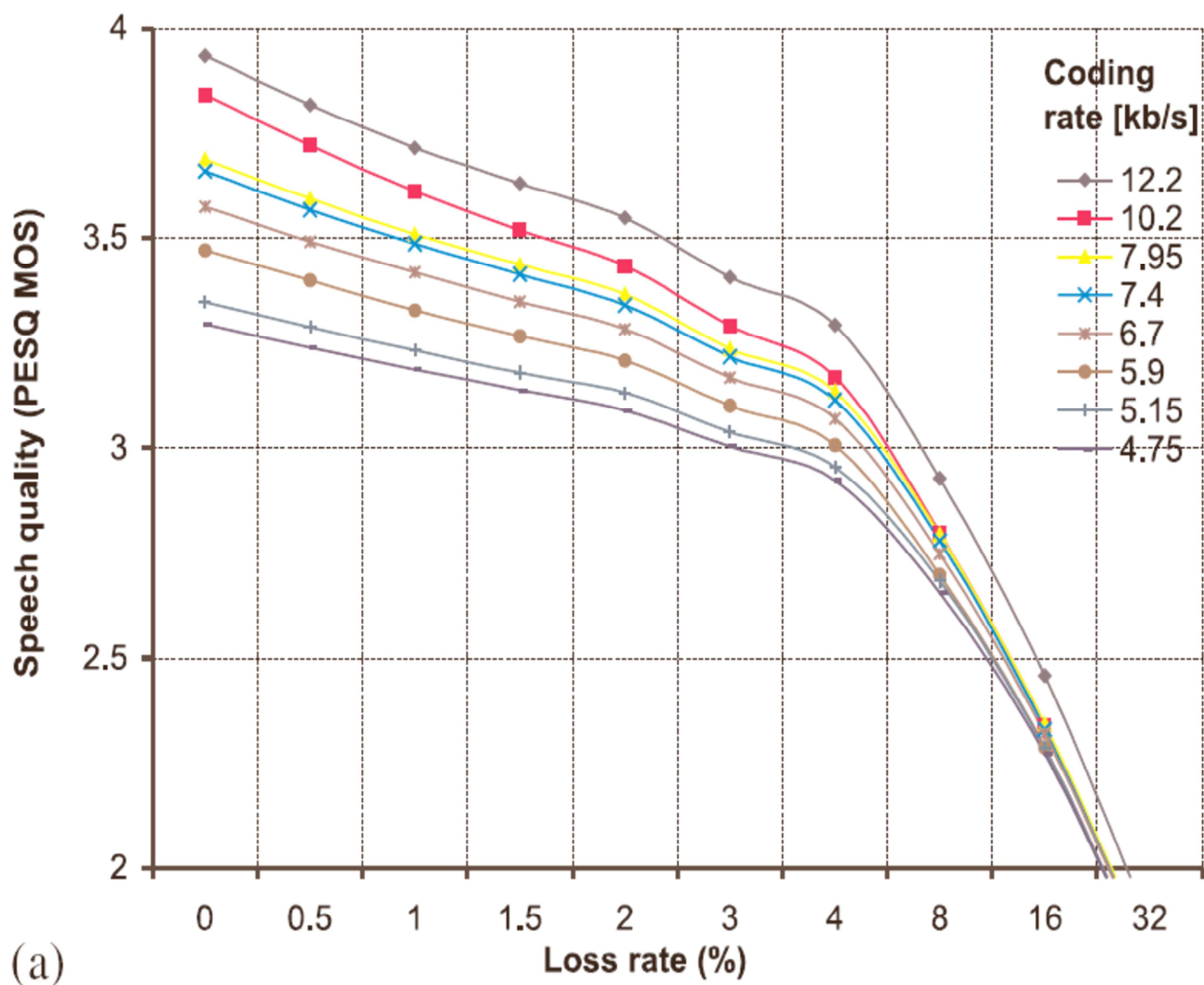
Źródło: opracowanie własne.

Wpływ utraty pakietów na zrozumiałość sygnału mowy oceniona skalą MOS nie została przeprowadzona ze względu na brak odpowiednich narzędzi badawczych. W celu zobrazowania tego problemu, na potrzeby niniejszej publikacji zaprezentowano wyniki badań innego ośrodka badawczego [1]. Z przedstawionych na rysunku 4 pomiarów wynika, że utrata pakietów na poziomie < 2% nie powoduje znaczącej utraty jakości sygnału mowy. Jednak w przypadku gdy wartość procentowa utraconych pakietów przekracza wartość ośmiu procent, poziom zrozumiałości znacząco się obniża.

### 3. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W artykule przedstawiono koncepcję realizacji telefonicznej linii nomadycznej, której wykorzystaniem mogą być zainteresowane małe firmy logistyczne. Nakłady finansowe konieczne na wdrożenie rozwiązania to kwota rzędu 700 zł/linię plus koszt dostępu do sieci internetowej. Korzyści płynące z decyzji o zastosowaniu przedstawionego rozwiązania to przede wszystkim gwarancja stałości połączenia i uniezależnienie się od operatora w procesie przenoszenia numeru między lokalizacjami.

Przeprowadzone badania jakości połączeń głosowych potwierdziły skuteczność i wysoką jakość opracowanego rozwiązania w miejscach, w których zagwarantowany jest stały (kablowy) dostęp do Internetu o przepływności symetrycznej łącza równej minimum 100, w praktyce 128 kb/s na pojedynczą linię. Wielkość tą należy przemnożyć przez ilość linii oraz należy pamiętać o zagwarantowaniu dostatecznego pasma na dane typowo informatyczne, które będą przekazywane drogą elektroniczną.



Rys. 4. Wpływ utraty procentowej liczby pakietów głosowych na jakość połączenia głosowego

Źródło:[2].

## Streszczenie

W artykule zaprezentowano koncepcję linii nomadycznej dla małych firm logistycznych. W pierwszej części artykułu przedstawiono projekt opracowanego rozwiązania. W drugiej części przedstawiono metodykę badań jakości łącza nomadycznego. Całość podsumowują krótkie wnioski.

Słowa kluczowe: linia nomadyczna, VoIP, QoS.

## Telephone nomadic line for small logistics companies

### Abstract

The article presents the concept of nomadic lines of logistics for small businesses. The paper first presents the design of the developed solution. The second part presents the research methodology the quality of links nomadic. Briefly summarize the conclusions of the whole.

Key words: nomadic line, VoIP, QoS.

## LITERATURA

- [1] Choudhury S., Shetty N., Gibson J.: MOSx and Voice Outage Rate in Wireless Communications. Department of Electrical and Computer Engineering University of California, Santa Barbara, November 2006.
- [2] ITU-T: Recommendation P.800. Methods for subjective determination of transmission quality, Aug. 1996
- [3] ITU-T: Recommendation G.711, Pulse Code Modulation for voice frequencies, Nov. 1988.
- [4] ITU-T: Recommendation G.723.1, Dual rate speech coder for multimedia communications transmitting at 5.3 and 6.3 kbit/s, May 2006.
- [5] ITU-T: Recommendation G.726, 40, 32, 24, 16 kbit/s Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM), May 2005.
- [6] ITU-T: Recommendation G.728, Coding of speech at 16 kbit/s using low-delay code excited linear prediction (LD-CELP), Sept. 1992
- [7] ITU-T: Recommendation G.729, Coding of speech at 8 kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction (CS-ACELP), Jan. 2007.
- [8] Linksys Cisco: SPA 3102 User Manual.
- [9] Linksys Cisco: SPA Administration Guide. March 2006.