

Krzysztof Bronk, Adam Lipka, Rafał Niski

Instytut Łączności w Gdańsku

Jerzy Żurek

Instytut Łączności w Gdańsku

Akademia Morska w Gdyni

KONCEPCJA IMPLEMENTACJI MODEMÓW IVS I PSAP SYSTEMU ECALL W TECHNOLOGII SDR

W pierwszej części artykułu przedstawiono najważniejsze założenia tworzonego obecnie pod auspicjami organów Unii Europejskiej systemu eCall. W szczególności skupiono się na opisie funkcjonalności dwóch najważniejszych bloków systemu, tj. modułów IVS oraz PSAP, a ponadto scharakteryzowano tzw. minimalny zestaw danych MSD. Przedstawiono również technikę in-band modem, która będzie wykorzystywana w systemie do równoległej transmisji sygnałów mowy oraz danych. W drugiej części referatu zaprezentowano wykonany w ramach grantu NR10-0016-06/2009 sprzętowy prototyp modułów IVS oraz PSAP, funkcjonujący według aktualnej wersji standardu systemu eCall. Prototyp ten został w całości zrealizowany w technologii radia definiowalnego programowo SDR (Software Defined Radio).

WSTĘP

System eCall to paneuropejski system powiadamiania ratunkowego, którego podstawowym celem ma być ograniczenie – w skali całej Unii Europejskiej – tragicznych skutków wypadków drogowych (szacuje się, że każdego roku na europejskich drogach ginie ok. 40 000 osób). Z punktu widzenia użytkownika końcowego systemu jego istota sprowadza się do specjalnego modułu, zwanego modułem IVS (*In-Vehicle System*), który będzie montowany w każdym samochodzie osobowym i który będzie sprzężony z systemem czujników wykrywających zaistnienie wypadku (czujniki odpalenia poduszki powietrznej, temperatury, przyspieszenia itp.), a także z odbiornikiem GPS. W momencie, gdy dojdzie do wypadku, osoba znajdująca się w pojeździe będzie mogła bardzo łatwo (np. poprzez wciśnięcie odpowiedniego przycisku) zainicjować połączenie – z wykorzystaniem sieci komórkowej – z centrum ratowniczym PSAP (*Public Safety Answering Point*) i wezwać pomoc. Jednakże w wielu wypadkach sytuacja ofiar może być na tyle poważna, że nie będą one w stanie uczynić tego samodzielnie, a ponadto mogą one mieć problem z precyzyjnym określeniem swojej pozycji. Dlatego też system eCall umożliwia jeszcze jeden tryb inicjalizacji systemu – poza opisanym powyżej manualnym – a mianowicie tryb automatyczny. Jeśli wspomniany zespół czujników wykryje, że doszło do wypadku, a centrum ratownicze nie zostało powiadomione o nim

w trybie manualnym, wówczas moduł IVS niejako samodzielnie zestawi połączenie ratunkowe i prześle do PSAP tzw. minimalny zestaw danych MSD, dzięki któremu dyspozytor będzie mógł zainicjować akcję ratunkową. Warto dodać, że blok MSD przesyłany jest również wtedy, gdy połączenie ratunkowe zostało zestawione w trybie manualnym przez osoby znajdujące się w pojeździe. Połączenie alarmowe w systemie eCall składa się więc z dwóch równorzędnych komponentów: danych MSD (które przesyłane są zawsze, niezależnie od sposobu inicjacji systemu) oraz ewentualnie sygnałów mowy reprezentujących komunikację głosową w relacji ofiara wypadku–dyspozytor.

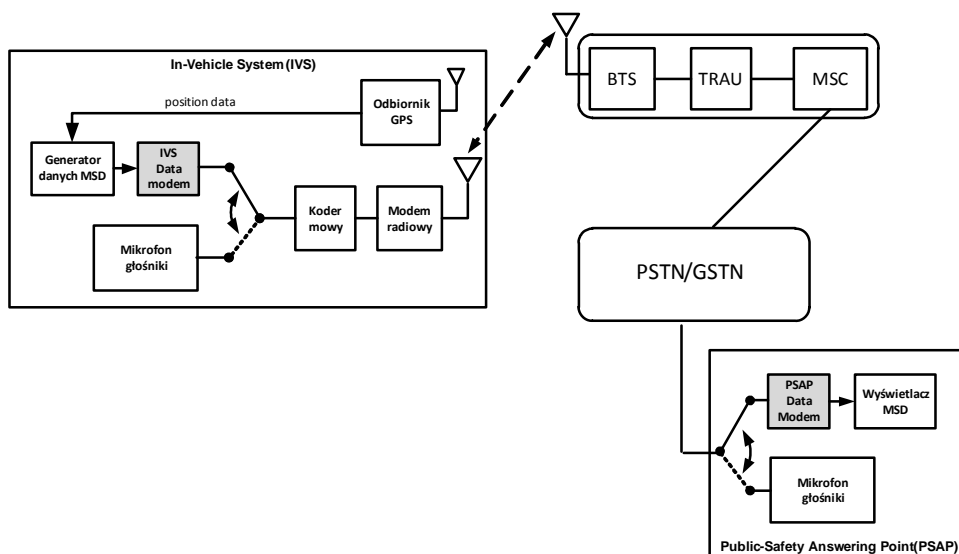
Z dotychczasowego wywodu łatwo wywnioskować, iż niezmiernie ważną rolę w systemie pełni blok MSD. Jest to niewielki – złożony ze 140 bajtów – zbiór danych, zawierający informacje o pojeździe, dane z czujników oraz w szczególności aktualizowane na bieżąco informacje lokalizacyjne pojazdu (długość i szerokość geograficzna, kurs). Dzięki tym danym dyspozytor – nawet nie mając kontaktu z ofiarami – wie, że do wypadku doszło, a także zna dokładne współrzędne geograficzne miejsca zdarzenia, od razu może wysłać na miejsce ekipę ratunkową. Takie podejście pozwoli na znacznie usprawnienie procedur ratowniczych, a w szczególności na skrócenie czasu oczekiwania na nadejście pomocy. W efekcie może to skutkować zmniejszeniem liczby ofiar, a przynajmniej znacznym złagodzeniem skutków wypadków. System eCall ma być systemem paneuropejskim, tj. obejmie on swym działaniem wszystkie kraje Unii. Zakłada się, że począwszy od 2014 roku, każdy nowo wyprodukowany samochód osobowy sprzedawany na obszarze UE będzie w standardzie wyposażony w urządzenia niezbędne do obsługi systemu eCall, a urządzenia te we wszystkich krajach będą funkcjonować według jednolitych i ściśle zdefiniowanych reguł.

Podstawowym problemem technicznym, który pojawił się na etapie opracowywania specyfikacji systemu eCall, był wybór metody transmisji danych MSD niejako równolegle z sygnałami mowy. Transmisja ta, z oczywistych względów, powinna spełniać rygorystyczne wymogi odnośnie do jakości, szybkości i niezawodności. Rozważano kilka rozwiązań, m.in. rozdzielenie obu tych komponentów i przesyłanie MSD za pomocą SMS-ów, GPRS-u czy też DTFM-u. Ostatecznie wybrano jednak zupełnie inny wariant, a mianowicie technikę in-band modem, która zakłada, że zarówno głos, jak i dane nadawane będą równolegle, w tym samym kanale rozmównym. Podstawową zaletą rozwiązania jest to, że tego typu połączenie będzie z punktu widzenia operatora sieci komórkowej całkowicie transparentne, a zatem obsługa systemu eCall nie będzie wymagała żadnych modyfikacji infrastruktury telekomunikacyjnej (mówiąc wprost: sygnał eCall przesyłany przez sieć telekomunikacyjną, mimo że w rzeczywistości „zawiera” w sobie komponenty danych oraz sygnałów mowy, z punktu widzenia operatora jest po prostu strumieniem audio, zaś obsługa takiego połączenia jest w pełni analogiczna do obsługi zwykłego połączenia głosowego dwóch abonentów, co jest przecież podstawową, nadrzędną funkcją sieci komórkowych od ich zarania). Z drugiej jednak strony, jak powszechnie wiadomo, transmisja danych w kanale rozmównym nie jest zadaniem prostym; bezpośrednie podanie danych na koder mowy prowadziło by do bardzo silnych zniekształceń, dlatego też niezbędne było wykorzystanie

specjalnych modemów, które pozwoliłyby na „przystosowanie” sygnału danych do postaci odpowiedniej ze względu na wykorzystywane kodery mowy. Szczegóły techniczne wariantu in-band modem na potrzeby konkretnie systemu eCall zostały opracowane przez amerykańską firmę Qualcomm, a następnie zatwierdzone przez 3GPP w dokumentach standaryzacyjnych [1, 2] i będą one w skróty sposób scharakteryzowane poniżej. W zgodzie ze standardami [1, 2] powstały również prototypy modułów systemu eCall, których opis także znajduje się w dalszej części artykułu.

1. ARCHITEKTURA SYSTEMU ECALL

Na rysunku 1 przedstawiono w uproszczony sposób architekturę systemu eCall z zaznaczeniem elementów typowych dla techniki in-band modem.

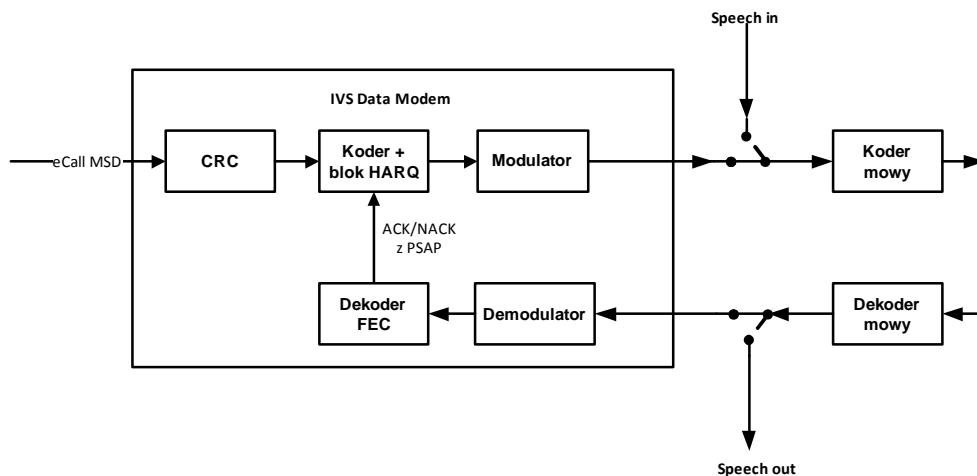


Rys. 1. Architektura systemu eCall

Jak widać, podstawową rolę w systemie odgrywają dwa bloki: wspomniany już moduł IVS znajdujący się w pojeździe oraz blok do niego niejako komplementarny, zainstalowany w centrum dyspozytorskim, zwany blokiem PSAP. Na rysunku 1 zarówno na schemacie modułu IVS, jak i PSAP zaznaczono dwa torry, które reprezentują odpowiednio: dane MSD (tor górny) oraz sygnały mowy (dolny). Jak już wspomniano, dla poprawnego funkcjonowania techniki in-band niezbędna jest obecność specjalnych modemów (zaznaczono je na rysunku 1 kolorem szarym), które przekształcają dane do postaci optymalnej z punktu widzenia koder źródłowego (modem IVS) oraz umożliwiają „wyłuskanie” bloku MSD z sygnału odebranego (modem PSAP). Aby zatem analizować szczegóły transmisji danych w systemie eCall, wystarczy zapoznać się z budową i funkcjonalnością obu wyżej wymienionych modemów.

Modem IVS bierze udział w procedurach transmisji MSD do bloku PSAP oraz w procedurach odbioru komunikatów sterujących nadawanych przez PSAP. Jego schemat ideowy przedstawiono na rysunku 2.

Na wejściu modemu pojawiają się bity tworzące blok MSD. Pierwszą operacją, realizowaną w części nadawczej modemu, jest uzupełnienie bloku o wygenerowany według ściśle zdefiniowanego algorytmu ciąg CRC. Tak przekształcony pakiet podlega następnie kodowaniu mającemu na celu zabezpieczenie wiadomości przed wpływem zniekształceń, do których może dojść podczas transmisji w kanale radiowym. Wykorzystywane jest hybrydowe kodowanie ARQ (H-ARQ), które składa się z turbokodowania oraz algorytmu retransmisji, w którym każde powtórzenie jest realizowane z odpowiednią nadmiarowością, dla zapewnienia coraz większego prawdopodobieństwa poprawnego odbioru tejsze wiadomości. Rolą kolejnego elementu w torze nadawczym modemu IVS – czyli modulatora – jest konwersja zakodowanych danych do postaci odpowiedniej ze względu na wykorzystywany w dalszej kolejności koder mowy. Algorytm pracy modulatora (który został opracowany specjalnie na potrzeby systemu eCall) musiał zostać tak dobrany, aby był kompatybilny nie z jednym, lecz z całą gamą najbardziej rozpowszechnionych koderów mowy – w tym **GSM Full Rate oraz AMR (Adaptive Multi-Rate) 12.2, 10.2, 7.95, 7.4, 6.7, 5.9, 5.15 oraz 4.75 kbit/s**. Sygnał wyjściowy z modulatora trafia na wejście wspomnianego kodera mowy, a następnie podlega przekształceniom zgodnym ze specyfiką konkretnej sieci telekomunikacyjnej, np. GSM.

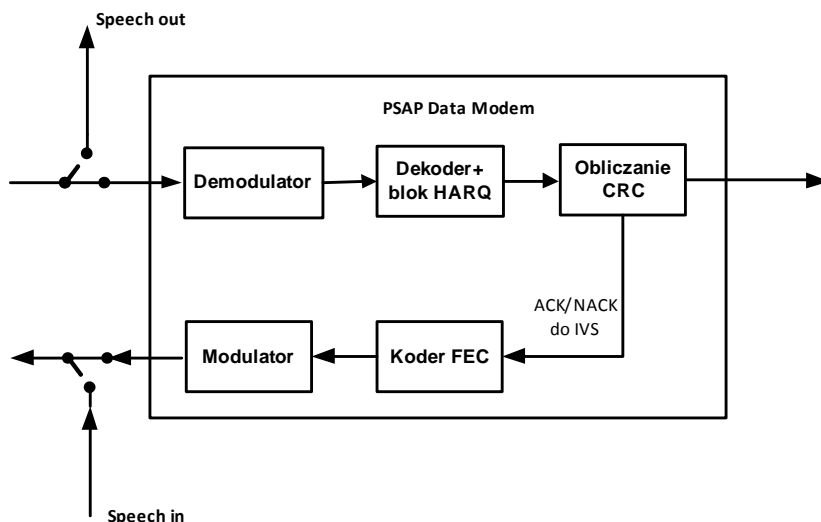


Rys. 2. Schemat funkcjonalny modemu IVS znajdującego się w pojeździe

W części odbiorczej z kolei modem IVS monitoruje komunikaty sterujące wysyłane przez PSAP. W przypadku, gdy odbieranym komunikatem jest „NACK” (oznaczający niepoprawny odbiór pakietu MSD), część nadawcza realizuje retransmisję MSD ze zwiększoną nadmiarowością, tak długo aż PSAP prześle komunikat „ACK” (oznaczający pomyślny odbiór pakietu MSD) lub do momentu przerwania procedury przez PSAP. W chwili zakończenia transmisji całego pakietu MSD i otrzymania komunikatu „ACK” modemy IVS oraz PSAP wracają do stanu

spoczynkowego, ich nadajniki są odłączane, zaś tor głosowy jest ponownie aktywowany, co umożliwia osobom znajdującym się w pojeździe komunikację z dyspozytorem w centrum ratowniczym.

Schemat ideowy modemu PSAP przedstawiono na rysunku 3.



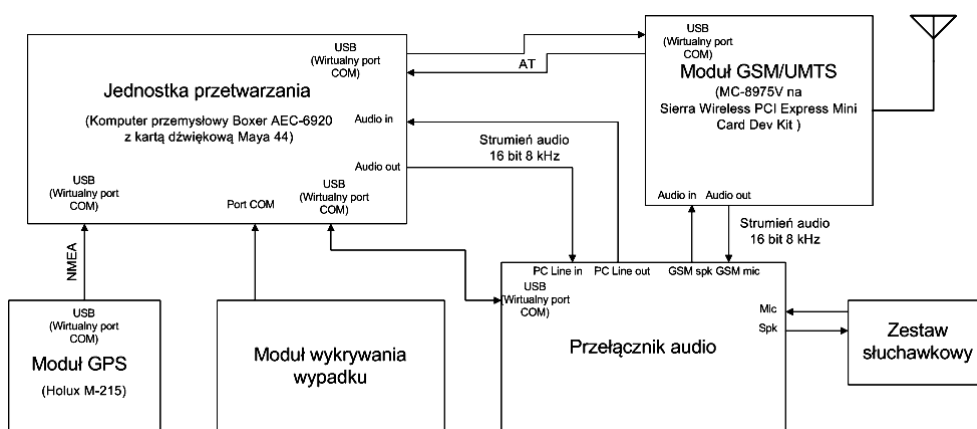
Rys. 3. Schemat funkcjonalny modemu PSAP znajdującego się w centrum ratowniczym

Ze specyfikacji systemu wynika, to właśnie PSAP inicjuje rozpoczęcie transmisji MSD (przesyłając do IVS komunikat „START” – jeden z trzech komunikatów sterujących przesyłanych przez blok). Od tego momentu odbiornik PSAP w sposób ciągły monitoruje sygnały przychodzące z sieci telekomunikacyjnej w poszukiwaniu sygnału eCall. Gdy tylko sygnał ten zostanie wykryty oraz gdy zakończona zostanie procedura synchronizacji, realizowana jest demodulacja odebranych symboli danych. Jeśli podczas nadawania MSD miały miejsce retransmisje, wówczas dekodery HARQ łączy sygnały odebrane w kolejnych powtórzeniach, a następnie weryfikowana jest poprawność sumy kontrolnej CRC. Jeśli CRC jest błędne, wówczas PSAP przesyła do IVS komunikat „NACK”, który stanowi żądanie retransmisji z odpowiednio zwiększoną nadmiarowością, dzięki czemu prawdopodobieństwo poprawnego odbioru sygnału wzrasta. Jeśli CRC jest poprawne, PSAP nadaje tzw. komunikat ACK warstwy łącza danych (*link-layer ACK*), oznaczający, że kolejne retransmisje MSD nie są już wymagane. Do zakończenia procedury transmisji MSD konieczny jest również komunikat ACK warstw wyższych – *higher-layer ACK* (z warstwy aplikacji), który jest kilkakrotnie przesyłany z PSAP do IVS.

Szczegółowe informacje na temat rozwiązań w warstwie sygnałowej przewidzianych na potrzeby systemu eCall, w tym dokładne opisy algorytmów kodowania, modulacji czy synchronizacji, można odnaleźć w dokumentach standaryzacyjnych [1, 2], a także – już w nieco bardziej syntetycznym ujęciu – m.in. w pracach [3, 4].

2. PROTOTYP MODUŁU IVS

Jednym z najważniejszych celów zespołu pracującego nad systemem eCall było wykonanie sprzętowego prototypu dwóch głównych modułów tego systemu, tj. modułu IVS (rys. 4) oraz modułu PSAP. Założono, że oba te elementy powinny być wykonane w technologii tzw. radia definiowalnego programowo SDR (*Software Defined Radio*), przy zachowaniu pełnej zgodności z informacjami technicznymi zawartymi w standardach [1, 2]. Wykonanie wyżej wymienionych prototypów pozwoli na symulację całego toru systemu eCall i w dalszej kolejności na ocenę efektywności i jakości zaimplementowanych algorytmów. W dalszej części artykułu zaprezentowana zostanie koncepcja obu wykonanych elementów, ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystywanej platformy sprzętowej.



Rys. 4. Platforma sprzętowa prototypu modułu IVS

Jak wynika z rysunku 4, do prototypu wykorzystano komputer przemysłowy AEC-6920 firmy AAEON (oznaczony jako „jednostka przetwarzania”; określenie to będzie konsekwentnie stosowane w dalszej części artykułu), do którego podłączono pozostałe komponenty wchodzące w skład modułu, tj.:

- odbiornik GPS Holux M-215,
- platforma PCI-E Mini Card Dev Kit wraz z modułem GSM/UMTS MC-8975V firmy Sierra Wireless,
- moduł wykrywania wypadków,
- moduł przełączania torów audio.

2.1. Jednostka przetwarzania AEC-6920 BOXER 2

Element ten – stanowiący „serce” prototypu modułu IVS – to zaawansowany komputer kompaktowy firmy AAEON. Jest on wyposażony w procesor Intel Core 2 Duo o częstotliwości pracy 2 GHz, pamięć 2 GB RAM oraz w dysk twardy 2,5” o pojemności 250 GB. Komputer ma szereg złącz, z których część wykorzystywa-

na jest przez pozostałe bloki tworzące prototyp, w tym 4 porty USB 2.0, 4 porty szeregowo COM, złącza S-Video i VGA oraz wejścia i wyjścia audio (Line-in, Line-out, Mic-in). Z pozostałych cech jednostki warto wymienić bezwentylatorowy system chłodzenia, konstrukcję odporną na wysokie temperatury i wibracje, a także szeroki zakres napięć DC lub AC.

Komputer AEC-6920 jest oczywiście wyposażony w zintegrowaną kartę muzyczną, jednakże na potrzeby grantu wykorzystywano inną kartę, mianowicie studyjną kartę muzyczną Maya 44 firmy ESI. Jest to karta czterokanałowa, zapewniająca duże możliwości przetwarzania w czasie rzeczywistym. Oferuje ona wysokie szybkości próbkowania, posiada przetworniki DAC i ADC o wysokiej jakości, a także gwarantuje bardzo niskie opóźnienia rzędu pojedynczych milisekund. Właściwości te miały duże znaczenie z punktu widzenia realizacji grantu.

W prototypie do przesyłania i odbioru strumienia audio wykorzystywano wejście i wyjście analogowe audio; nadawany był sygnał 16-bitowy z próbkowaniem 8 kHz.

2.2 Odbiornik GPS Holux M-215

M-215 to przewodowy odbiornik sygnałów GPS wyposażony w chipset MTK firmy MediaTek. W prototypie modułu IVS był on podłączany do jednostki przetwarzania za pośrednictwem interfejsu USB, na którym stworzono wirtualne porty szeregowo COM. Element cechuje się wysoką czułością (do -159 dBm), niskim poborem mocy, wodoodporną obudową; może on ponadto pracować w szerokim zakresie temperatur. Czas zimnego startu odbiornika wynosi 36 s.

Transmisja danych lokalizacyjnych z odbiornika odbywała się za pomocą protokołu NMEA 0183, co jest standardem dla tego typu urządzeń.

2.3. Platforma PCI Express Mini Card Dev Kit

Element ten, opracowany przez firmę Sierra Wireless, stanowi platformę do testowania i obsługi modułów telekomunikacyjnych z interfejsem Mini PCI-E. Moduł jest wyposażony w gniazdo na karty SIM, które obsługuje zarówno aktywne karty operatorów komórkowych, jak i karty testowe wykorzystywane w urządzeniach mierniczych. Ponadto platforma ta zawiera wiele interfejsów, w tym: PCI-E Mini Card, USB, 2xUART D-sub9, Mini Jack zestawu słuchawkowego, port rozszerzeń hosta oraz dwa gniazda antenowe RF SMA.

W platformie Dev Kit zainstalowano (poprzez standard PCI-E Mini Card) kartę GSM/UMTS MC-8795V również firmy Sierra Wireless. Jest to czterzakresowy moduł bezprzewodowy HSPA, który obsługuje transmisję danych w dół do 7,2 Mb/s i w górę do 5,76 Mb/s, a także transmisję sygnałów mowy. Karta wykorzystuje interfejsy HSDPA, HSUPA, EDGE, GPRS, GSM i obsługuje zakresy WCDMA 850/900/1900/2100 MHz oraz GSM/GPRS/EDGE 850/900/1800/1900 MHz. Ponieważ istota transmisji w systemie eCall sprowadza się do nadawania i odbioru odpowiednio przygotowanego strumienia audio, moduł powinien zapew-

niać szczególną dobrą obsługę transmisji dźwięku. Tak też jest w rzeczywistości: MC-8795V obsługuje najważniejsze kodeki mowy, w tym Half Rate (HR), Full Rate (FR), Enhanced Full Rate (EFR) oraz Adaptive Multi Rate (AMR), a także wspiera sygnalizację DTMF. Ponadto karta wyposażona jest w mechanizmy wytłumiania echa, redukcji szumów i automatyczną regulację wzmocnienia; posiada wreszcie zarówno analogowe, jak i cyfrowe wejście i wyjście audio.

Komunikacja pomiędzy jednostką przetwarzania a modułem GSM/UMTS odbywa się za pośrednictwem tzw. komend AT (*Attention command set*). Wykorzystywana w prototypie karta MC-8795V ma własny zestaw tego typu komend, które jednak częściowo pokrywają się z komendami standaryzowanymi przez organizacje ITU-T oraz 3GPP.

2.4. Moduł wykrywania wypadków

Element ten wykorzystuje układ czujników do rejestracji odpowiednich parametrów pojazdu i wykrywania sytuacji uprawdopodobniających zaistnienie wypadku. Komunikaty z modułu są cyklicznie przekazywane do jednostki przetwarzania, która w razie otrzymania wiadomości o wypadku może uaktywnić system eCall, tj. zestawień połączenie alarmowe z blokiem PSAP i przesłać do niego Minimalny Zestaw Danych MSD.

Centralną część modułu wykrywania wypadków stanowi mikrokontroler, który steruje pracą wszystkich elementów wchodzących w skład modułu. Wykorzystano w tym celu 32-bitowy mikrokontroler UC3A1512 firmy ATMEL, który ma wystarczające możliwości obliczeniowe, aby wypełnić zadania związane zarówno z pomiarami, jak i obróbką zgromadzonych danych, a jest przy tym niedrogi i jego programowanie nie jest zadaniem nadmiernie złożonym (m.in. dzięki dużej popularności procesorów firmy ATMEL i co za tym idzie – łatwemu dostępowi do odpowiednich środowisk programistycznych).

Kolejnym bardzo istotnym elementem modułu jest blok pomiarowy, który ma za zadanie mierzyć i rejestrować odpowiednie parametry statyczne i dynamiczne pojazdu, w tym przyspieszenia liniowe pojazdu (za pomocą akcelerometrów) oraz przyspieszenia kątowe (za pomocą żyroskopów). Wykrycie wartości przekraczającej odpowiednio ustaloną wartość progową oznacza, że z dużym prawdopodobieństwem doszło do wypadku, o czym moduł informuje jednostkę przetwarzania.

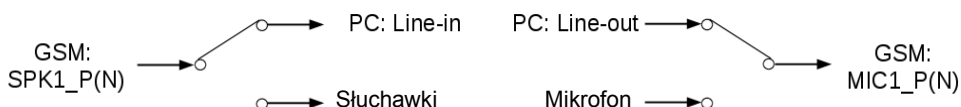
Komunikacja między modułem wykrywania wypadków a jednostką przetwarzania odbywa się za pośrednictwem portu COM; moduł co 50 ms wysyła 6-bitowy komunikat, w ściśle zdefiniowanym formacie binarnym, w którym zawarta jest m.in. precyzyjna informacja o stanie pracy algorytmu.

2.5. Moduł przełączania torów audio

Jeden z najważniejszych elementów tworzących omawiany w artykule prototyp stanowi moduł przełączania torów audio. Jego rolą – jak sama nazwa wskazuje – jest przełączanie strumienia audio pomiędzy jednostką przetwarzania a zestawem

sluchawkowym w przypadku zmiany trybu pracy modemu IVS (ew. modemu PSAP) z transmisji danych (MSD, komunikaty sterujące) na transmisję sygnałów mowy (rozmowa ofiary wypadku z dyspozytorem). Możliwe tryby przełączania w praktyce ilustruje rysunek 5.

Na rysunku 5 wyjścia/wejścia oznaczone „GSM” oznaczają wyjścia/wejścia znajdujące się w opisanym powyżej module GSM/UMTS, zaś wyjścia/wejścia oznaczone „PC” znajdują się w jednostce przetwarzania.



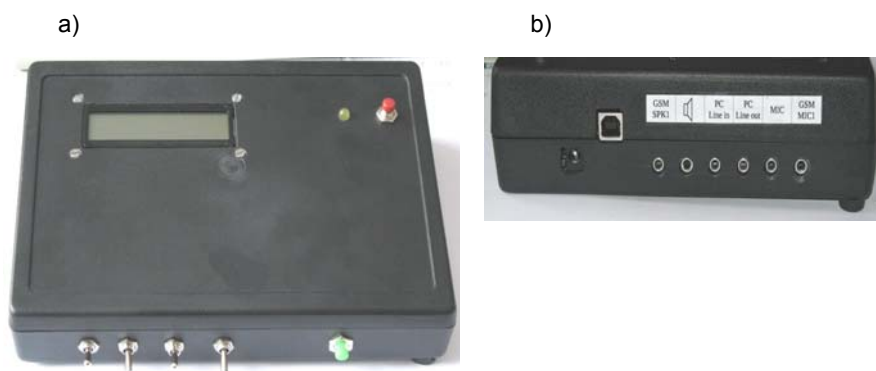
Rys. 5. Schemat przełączania torów audio

Do transmisji danych wykorzystywany jest tor SPK1 – Line-in i MIC1 – Line-out, zaś do transmisji mowy służy tor SPK1 – słuchawki i MIC1 – mikrofon.

Moduł przełącznika jest sterowany komendami wysyłanymi z jednostki sterującej. Komunikacja odbywa się za pośrednictwem złącza USB, na którym zrealizowano wirtualny port COM.

Na obudowie modułu znajduje się m.in. przycisk „wypadek”, którego wciśnięcie zestawia połączenie alarmowe z centrum PSAP, a więc jest równoważne z inicjalizacją systemu eCall w trybie manualnym.

Na rysunku 6 przedstawiono zmontowane urządzenie, jak również wygląd tylnej ścianki obudowy, na której umieszczono wykorzystywane w prototypie złącza audio.

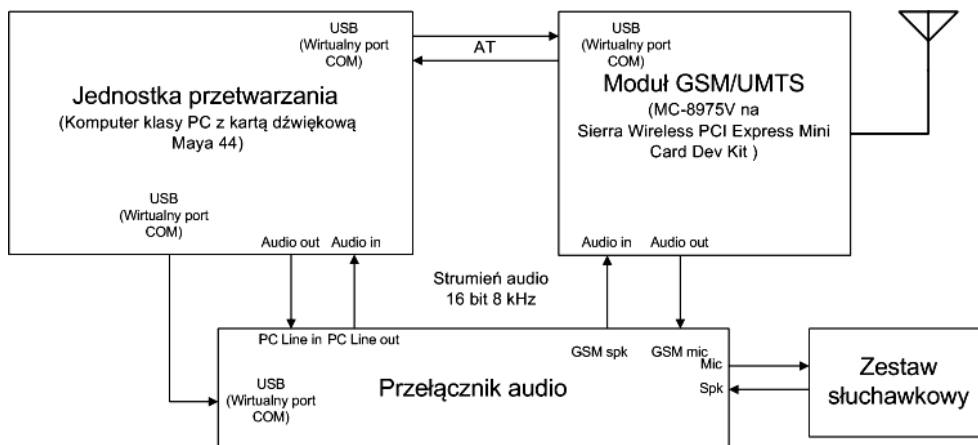


Rys. 6. Przełącznik torów audio: a) widok ogólny, b) widok panelu tylnego

3. PROTOTYP MODUŁU PSAP

Do przeprowadzenia testów funkcjonowania systemu eCall konieczne było wykonanie – oprócz modułu IVS – także prototypu modułu PSAP. Podstawą do stworzenia tego prototypu był komputer klasy PC, w którym zainstalowano studyj-

ną kartę muzyczną Maya 44 (jest to taka sama karta, jaka znajduje się w prototypie modułu IVS, a jej parametry przedstawiono we wcześniejszej części artykułu). Schemat platformy sprzętowej prototypu ilustruje rysunek 7.



Rys. 7. Platforma sprzętowa prototypu modułu PSAP

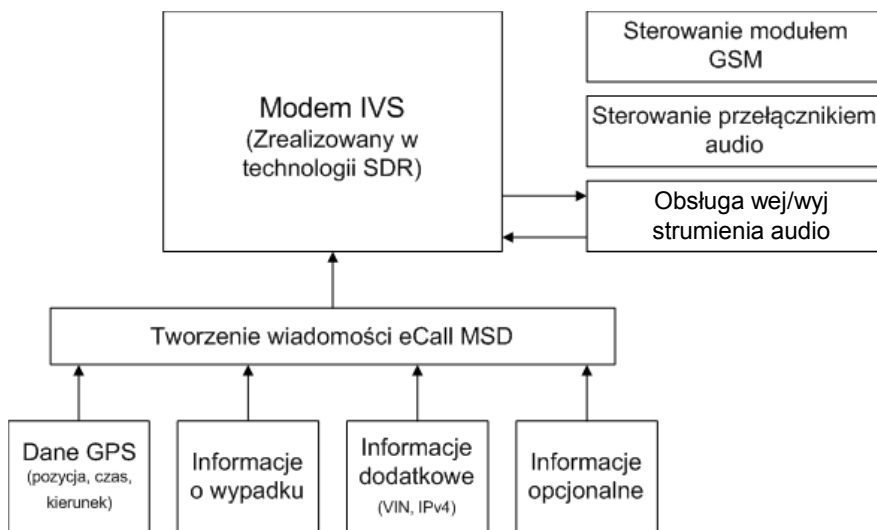
Szczegółowy opis prototypu nie jest w tym wypadku konieczny, gdyż – jak wynika z rysunku 7 – jego budowa jest bardzo zbliżona do opisywanego powyżej prototypu modułu IVS (por. rys. 4). W szczególności wykorzystuje on taki sam moduł GSM/UMTS oraz taki sam moduł przełącznika torów audio. Widoczną różnicą jest natomiast brak modułu GPS oraz modułu wykrywania wypadków; biorąc pod uwagę funkcje, jakie ma realizować moduł PSAP, stwierdzono, że elementy te są po prostu zbędne.

Po wykonaniu obu prototypów przeprowadzono kontrolę poprawności ich działania. Analizowano przebiegi czasowe wybranych sygnałów generowanych przez oba bloki (ramka MSD, komunikaty sterujące wysyłane przez blok PSAP), a następnie porównywano je z przebiegami wzorcowymi, których opis znajduje się w specyfikacji [1]. Brano pod uwagę zarówno kształt sygnałów, jak i czasy trwania poszczególnych segmentów. W każdym wypadku uzyskiwano pełną zgodność przebiegów wygenerowanych w opisywanych w artykule urządzeniach z przebiegami wzorcowymi – potwierdza to poprawność wykonania obu prototypów.

4. PLATFORMY PROGRAMOWE PROTOTYPÓW

Na rysunku 8 przedstawiono platformę programową prototypu modułu IVS. Jak wynika z tego rysunku oraz po części z informacji zawartych we wcześniejszych rozważaniach, na podstawie danych otrzymanych z modułu wykrywania wypadku, danych nawigacyjnych określających dokładny czas, kierunek i pozycję oraz informacji dodatkowych wspierających identyfikację pojazdu, program formułuje 140-bajtową wiadomość MSD. Specyfikacja systemu eCall pozwala

la również na umieszczenie w wiadomości MSD 107 bajtów opcjonalnych danych do wykorzystania przez producentów sprzętu. Następnie blok modemu IVS przetwarza wiadomość i zamienia ją na analogowy strumień audio zdefiniowany w specyfikacji [1] i przesyła dalej z wykorzystaniem karty dźwiękowej poprzez przełącznik audio do modułu GSM; informacje zwrotne (sterujące) również docierają do modemu w postaci analogowego strumienia audio. Dodatkowo jednostka przetwarzania zajmuje się sterowaniem modułem GSM, realizowanym za pomocą zestawu komend AT oraz sterowaniem przełącznikiem audio poprzez wirtualny port COM.



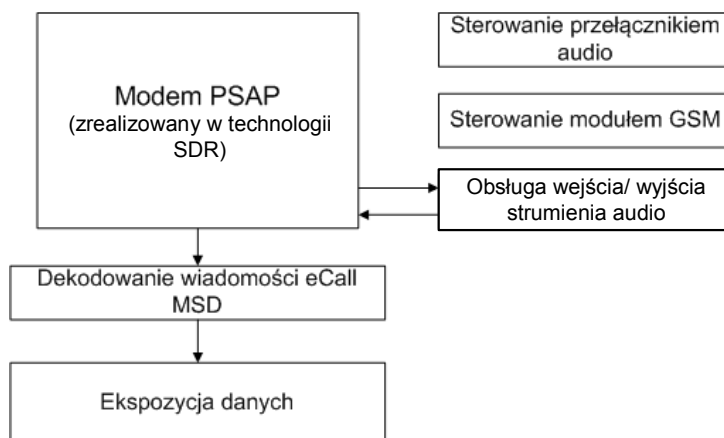
Rys. 8. Platforma sprzętowa prototypu modemu IVS

Podobną analizę można przeprowadzić dla prototypu modemu PSAP. Jej wynikiem będzie schemat platformy programowej tego komponentu (rys. 9).

Zadaniem modemu PSAP jest odtworzenie i ekspozycja informacji zawartych w przesyłanej wiadomości MSD oraz wysłanie wiadomości zwrotnych ACK/NACK w zależności od poprawności odebranych danych. Obsługa strumienia audio oraz sterowanie modułem GSM i przełącznikiem audio odbywa się tak samo jak w modemie IVS.

Aplikacja modemu PSAP wykonuje operacje odwrotne do przeprowadzonych w modemie IVS. Próbkę audio po demodulacji są poddawane dekodowaniu z rozplataniami, deskramblowaniu, a następnie na podstawie sumy kontrolnej generowane są wiadomości zwrotne ACK/NACK potwierdzające poprawność transmisji lub jej brak.

Oprogramowanie sterujące pracą obu prototypowych modułów zostało skompilowane w środowisku Borland C++ Builder 2010, przy wykorzystaniu specjalistycznych bibliotek: FMOD (jej funkcją było wspomaganie obsługi strumienia audio) oraz CPORT (wspieranie komunikacji przez port szeregowy COM).



Rys. 9. Platforma sprzętowa prototypu modułu PSAP

PODSUMOWANIE

Zaprezentowany w artykule prototyp zostanie wykorzystany do przeprowadzenia badań laboratoryjnych oraz terenowych efektywności algorytmów eCall. W szczególności zweryfikowana zostanie zgodność z wymaganiami jakościowymi i czasowymi, które są ściśle zdefiniowane i których spełnienie jest kluczowe dla poprawnego funkcjonowania systemu; w dalszej zaś kolejności prototyp będzie zastosowany do analizy innych potencjalnych metod przesyłania MSD, w tym z użyciem GPRS-u. Prace te wpisują się w szeroki zakres działań, realizowanych przez wiele jednostek rozsianych po całej Unii, których intensyfikacja wynika z coraz bliższego terminu ostatecznego uruchomienia systemu eCall. Biorąc pod uwagę znaczenie tego rozwiązania dla szeroko rozumianego bezpieczeństwa na drogach, należy stwierdzić, że włączenie się w tę aktywność polskich środowisk naukowych oraz firm komercyjnych wydaje się być całkowicie zasadne.

LITERATURA

1. 3GPP TS 26.267 eCall Data Transfer, In-band Modem Solution, General Description, v.9.2.0.
2. 3GPP TS 26.268 eCall Data Transfer, In-band Modem Solution, ANSI-C Reference Code, v.9.2.0, 2010.
3. Lipka A., Niski R., Żurek J., *Transmisja danych typu in-band na potrzeby paneuropejskiego systemu powiadamiania ratunkowego – eCall*, Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne, 2010, 06 (CDR).
4. Werner M., Pietsch C. i inni, *Cellular In-Band Modem Solution for eCall Emergency Data Transmission*, IEEE VTC Conference, Spring 2009.

SDR TECHNOLOGY IMPLEMENTATION CONCEPT OF THE IVS AND PSAP MODEMS IN THE eCall SYSTEM

Summary

In the first part of this paper all important and necessary features of the eCall system, which is now being created under auspices of European Union, were presented. In particular, the authors concentrated on the description of the functionalities of the two, the most important components of the system, which are IVS and PSAP modem modules. Moreover the Minimal Set of Data (MSD) was characterized and the in-band technology was presented, which will be utilized for parallel transmission of the voice and data signals in the eCall system. In the second part, a prototype hardware module of the IVS and PSAP modems was presented. The prototype implements the newest version of the eCall standard and was fully done in the Software Defined Radio (SDR) technology.