

Andrzej Stachlewski  
Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

Mirosław Siergiejski  
Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

## **PROBLEMY WSPÓŁCZESNEJ TELEKOMUNIKACJI LOTNICZEJ**

**Streszczenie:** Poniższa praca streszcza wykorzystywane aktualnie sposoby przesyłania informacji na odległość w lotnictwie cywilnym. Opisana została w niej łączność radiotelefoniczna, jak również sieci łączności stałej: AFTN, CIDIN, OLDI, ATN. Poruszone zostały kwestie ograniczające możliwości ich wykorzystania oraz potencjalne zagrożenia płynące z zastosowania w tych sposobach telekomunikacji konkretnych rozwiązań. Położono nacisk na wymagania stawiane przez ruch lotniczy oraz podmioty bezpośrednio zaangażowane w działalność w tej branży.

**Słowa kluczowe:** Radiotelefonია, AFTN, CIDIN, OLDI, ATN

### **1. ZARYS TELEKOMUNIKACJI LOTNICZEJ W POLSCE I NA ŚWIECIE**

Telekomunikacja to dziedzina wiedzy i działalności technicznej, zajmująca się przekazywaniem informacji na odległość. Zazwyczaj, nadawaniem oraz odbiorem treści zajmuje się człowiek, jednak równie dobrze mogą się tym zajmować odpowiednie urządzenia techniczne, które przetwarzają ją zgodnie z ludzkimi zamiarami. Forma, kształt oraz jej zgodność z oryginałem zależą od użytej technologii, przy czym telekomunikacja nie zajmuje się procesem powstawania informacji ani jej treścią lub znaczeniem. Z praktycznego punktu widzenia informacja jest energią – może to być dźwięk, znaki pisarskie, obrazy ruchome i nieruchome, wartości pomiarowe, dane binarne czy polecenia, kierowane od nadawcy do odległego odbiorcy.

Telekomunikacja lotnicza najczęściej kojarzy się z wykorzystaniem radia do przesyłania transmisji na linii pilot-kontroler, zwyczajowo zwanym łącznością radiotelefoniczną. W rzeczywistości jednak w tym przypadku powinno się mówić o sieci lotniczej łączności ruchomej. Spowodowane jest to rozwojem środków technicznych, które przesyłają sygnał do poruszającego się w przestrzeni statku powietrznego za pomocą

różnych kanałów, nie tylko radia. Łąca te mogą zawierać elementy sieci stałych, łączących operatora z oddalonymi urządzeniami radiokomunikacyjnymi, jak również służących do zdalnego sterowania i kontroli.

Sieć radiotelefoniczna, choć niezbędna w ruchu lotniczym kontrolowanym, nie jest jedyną użytkowaną i istotną w telekomunikacji lotniczej. Poza nią istnieje szereg sieci łączności stałych, bez których lotnictwo komunikacyjne nie funkcjonowałoby poprawnie. Należą do nich dzierżawione łącza telefoniczne, sieć danych radarowych, sieć urządzeń nadawczo – odbiorczych VHF i sieci komputerowe. Analiza [9] wykazała, że ponad 90 procent wymiany informacji dotyczącej bezpiecznego i sprawnego wykonania lotu odbywa się między instytucjami „naziemnymi”. Konieczne jest bowiem zebranie informacji o stanie atmosfery, stanie lotnisk, dostępności służb, ograniczeniach, a następnie dystrybucja depesz METAR, TAF, NOTAM, ATIS. Zgłaszanie i obróbka planów lotu, koordynacja pomiędzy organami kontroli ruchu lotniczego to kolejna część potoku informacji, do którego należy zaliczyć również transmisję danych radarowych. Wszystkie te funkcje zapewnia stała telekomunikacyjna służba lotnicza.

W Polsce za zarządzanie służbami telekomunikacji lotnictwa cywilnego związanymi z działalnością służb ruchu lotniczego jest odpowiedzialna Polska Agencja Żeglugi Powietrznej [7]. Służby te podzielone są, zgodnie z uprzednio opisanym podziałem, na ruchomą radiokomunikacyjną służbę lotniczą, stałą telekomunikacyjną służbę lotniczą i służbę radionawigacyjną.

## **2. RADIOTELEFONIA**

Ruchoma radiokomunikacyjna służba lotnicza realizowana jest poprzez nasłuch na wyznaczonych częstotliwościach radiowych w ogłoszonych godzinach pracy. Każdy fragment przestrzeni powietrznej ma przydzieloną częstotliwość VHF oraz odpowiedzialny organ służby ruchu lotniczego, z którym łączność powinien utrzymywać każdy statek powietrzny w tej przestrzeni. Dla lotniczej łączności radiowej przydzielono międzynarodowe pasmo 118-136,975 MHz [6] z modulacją amplitudy A3E. Standardowy odstęp częstotliwości między kanałami wynosi 25kHz, co daje 720 kanałów. Aktualnie wprowadzany zostaje powszechnie odstęp międzykanałowy 8,33kHz, dzięki czemu liczba kanałów zwiększy się do 2280.

### **2.1. Ograniczenia liczby kanałów**

Biorąc pod uwagę skomplikowanie przestrzeni powietrznej oraz prędkości uzyskiwane przez współczesne samoloty komunikacyjne, załogi są zmuszane do nawiązywania łączności z różnymi organami służby kontroli ruchu lotniczego średnio co kilka minut. Każde nawiązanie łączności oraz przekazanie kontroli do następnego organu to kilkanaście do kilkudziesięciu sekund korespondencji. W konsekwencji, wzrasta procent wypełnienia częstotliwości oraz ilość pracy wykonywana przez pilotów oraz kontrolerów. Gdy sektor zbliża się do kresu pojemności (tzn. szczytowa zajętość częstotliwości dochodzi do 70%)[4], zostaje on podzielony na mniejsze, tak więc konieczne jest jeszcze częstsze

przekazywanie załóg z jednej częstotliwości na drugą. Biorąc pod uwagę zasięg radiostacji samolotu lecącego na wysokości przelotowej, w promieniu około 150 kilometrów nie może powtarzać się wykorzystanie tego samego kanału, ponieważ transmisje będą zakłócały. Odstęp międzykanałowy 8,33kHz rozwiązał problem liczby, jednak alokacja użytkowanych częstotliwości pozostaje skomplikowanym zagadnieniem, podobnie jak podział przestrzeni tak, aby zachowane były granice pojemności.

## **2.2. Jakość transmisji**

Technologia łączności w dużej mierze ogranicza również sposób jej prowadzenia. Ponieważ stosowana jest zapewniająca duży zasięg modulacja amplitudowa, jakość transmisji jest wyraźnie obniżona w porównaniu do aktualnie uzyskiwanej na przykład w radioodbiornikach samochodowych. Ponieważ problem ten pogłębia się w trudnych warunkach atmosferycznych, a zwłaszcza podczas intensywnych opadów, została opracowana oraz wdrożona frazeologia lotnicza. Są to procedury określające precyzyjnie jakie słowa powinny być używane, jakie jest ich znaczenie oraz wymowa. Każdemu użytkownikowi łączności przydzielony jest znak wywoławczy, tak by możliwe było jednoznaczne zidentyfikowanie nadawcy oraz zdefiniowanie adresata transmisji [1].

Problemy ze zrozumieniem pogłębiają się, kiedy piloci nie znają tzw. sytuacji ruchowej, czyli mają wyobrażenia o przemieszczających się w bezpośredniej bliskości innych statków powietrznych. W ruchu lotniskowym spowodowane jest to najczęściej warunkami ograniczonej widzialności poziomej, jednak bardzo często dochodzi również do pomyłek w nadawaniu lub odbiorze.

Wymagana jest wysoka etykieta prowadzonej korespondencji, aby nie dopuścić do nadawania więcej niż jednej stacji w tym samym czasie – wtedy bowiem transmisja obu z nich jest nieczytelna. Wszystkie te zasady wymuszają na załodze ciągłe monitorowanie wszystkich transmisji prowadzonych na częstotliwości [7]. Jest to czynność monotonna i nużąca, utrzymująca świadomość w stanie ciągłego napięcia i nie pozwalająca na odprężenie, szczególnie w warunkach dużego natężenia ruchu lotniczego. Wtedy też łatwiej o brzemienne w skutki popełnienie błędu przez załogę lub kontrolera ruchu lotniczego.

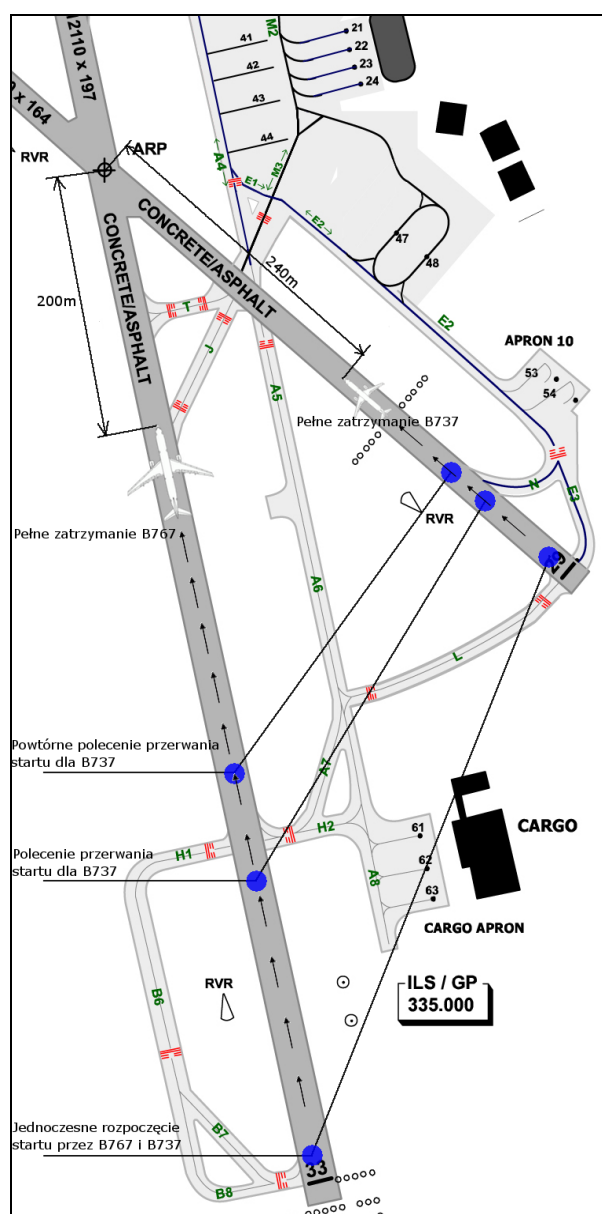
## **2.3. Przykład zdarzenia lotniczego podczas stosowania łączności radiowej**

Nakreślone powyżej problemy prowadzą często do zdarzeń, które są poważnymi zagrożeniami dla zdrowia lub życia pasażerów. Aby uświadomić ich wagę, każde takie zdarzenie jest analizowane przez Państwową Komisję Badania Wypadków Lotniczych. Pozwala to na podjęcie działań prewencyjnych oraz uświadomienie zainteresowanym podmiotom konieczności przeprowadzania dodatkowych i uzupełniających szkoleń z zakresu postępowania w sytuacjach szczególnych i niebezpiecznych.

Równoczesne rozpoczęcie startów przez załogi samolotów Boeing 737 (OM-NGF) i samolotu Boeing 767 (SP-LOA) na krzyżujących się drogach startowych [2].

W dniu 13 sierpnia 2007 roku załoga samolotu Boeing 767-200ER o znakach rozpoznawczych SP-LOA (znak wywoławczy LOT15) otrzymała zezwolenie na start z

drogi startowej (DS) 33 lotniska Warszawa – Okęcie (EPWA) do lotu na lotnisko Newark Liberty International Airport (KEWR). W tym samym czasie samolot Boeing 737 – 700 (znak wywoławczy Relax 8 HS) o znakach rozpoznawczych OM-NGF, który oczekiwał na DS 29 na start do lotu na lotnisko Paryż – Orly (LFPO) rozpoczął start bez zgody kontrolera ruchu lotniczego. Kontroler organu kontroli ruchu lotniczego lotniska po zauważeniu rozpoczynającego również rozbieg do startu samolotu Boeing 737 dwukrotnie nakazał jego załodze przerwać start. Załoga samolotu Boeing 767 po zauważeniu zaczynającego rozbieg do startu z DS 29 samolotu Boeing 737 przerwała start samolotu. Obydwa samoloty zatrzymały się przed skrzyżowaniem DS 29/33 [2]. Sytuację tę przedstawiłem obrazowo na rysunku 1.



Rys. 1. Zobrazowanie zdarzenia z udziałem B737 i B767

W opisywanym przypadku obie załogi stosowały się do zasad frazeologii. Załoga samolotu B737 jednak odebrała oraz potwierdziła transmisję skierowaną do B767. W tym samym czasie potwierdzenie przesłała załoga B767, transmisje te nałożyły się i kontroler nie był w stanie ich zweryfikować. Główną przyczyną był fakt, że obie załogi otrzymały pozwolenie na zajęcie drogi startowej jednocześnie. Załozce B737 najprawdopodobniej wydawało się, że powinna wystartować jako pierwsza, więc słysząc pozwolenie na start przyjęła je. Jak widać na załączonym rysunku, pomiędzy progami dróg startowych 33 i 29 jest terminal Cargo, załogi nie mogły się obserwować po zajęciu pozycji do startu.

Jest to klasyczny przykład niebezpiecznej sytuacji, która wynika z ograniczeń stosowanej łączności radiowej i niedoskonałości ludzkiej percepcji. Pomimo szeroko rozpowszechnianych działań w celu zapobiegania zakłóceniom ruchu lotniczego na polu manewrowym lotniska bardzo często dochodzi do różnego rodzaju zdarzeń lotniczych. Analizowany przez Komisję poważny incydent uświadomił nam, że nadal istnieje potencjalne zagrożenie wydarzenia się tragicznych w skutkach wypadków takich jak te, które miały miejsce na Teneryfie (583 ofiary śmiertelne) czy na lotnisku w Mediolanie (118 ofiar śmiertelnych). Szczęśliwie tego dnia warunki meteorologiczne (widzialność wynosiła 10 kilometrów) umożliwiły obserwację przez kontrolera obydwu samolotów i pozwoliły zapobiec tragedii.

### **3. TELEKOMUNIKACJA STAŁA**

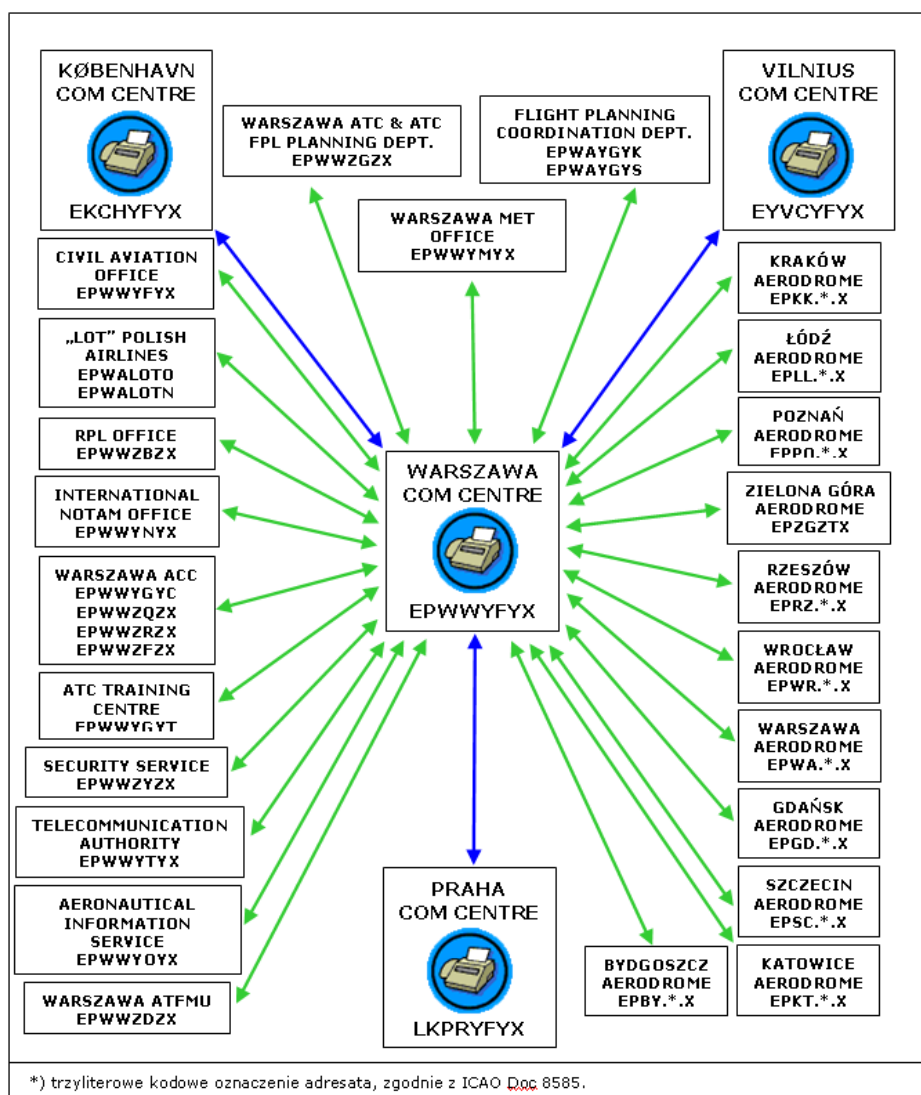
#### **3.1. Rodzaje sieci**

Poza systemami telekomunikacji ruchomej funkcjonuje system stałych i niezmiennych połączeń pomiędzy Centrum Zarządzaniem Ruchem Lotniczym a organami ruchu lotniczego w Polsce i krajach ościennych. Jedną z takich sieci jest Stała Lotnicza Sieć Telekomunikacyjna AFTN (*Aeronautical Fixed Telecommunication Network*), przeznaczona do wymiany informacji dotyczących ruchu lotniczego.

Depesze rozsyłane za pośrednictwem AFTN dzielą się na pięć kategorii. Najwyższy priorytet mają depesze oznaczone SS. Są to depesze pilne i alarmowe: informacje o niebezpieczeństwie (między innymi depesze z systemu SARSAT, stanie zagrożenia (np. utrata łączności ze statkiem powietrznym), itp. Depesze z priorytetami FF i DD są to plany lotu, depesze dotyczące ograniczeń w ruchu lotniczym, NOTAMy, itp. Do kategorii GG należą informacje meteorologiczne (METAR i TAF), informacje lotniskowe (np. SNOWTAM) oraz depesze o stanie urządzeń lotniczych. Najniższy priorytet (KK) mają depesze przewoźników i portowe. AFTN z pozoru jest siecią dalekopisową taką jak inne: składa się z szeregu połączonych ze sobą węzłów, do których z kolei przyłączeni są użytkownicy z ich terminalami (węzeł COM Warszawa ma ich około 35). Użytkownicy wysyłają lub odbierają depesze, węzły przesyłają je do innych użytkowników lub tranzytem do innych węzłów.

Obecnie głównymi sieciami lotniczej łączności stałej są sieć wymiany danych OLDI (*On - Line Data Interchange*) oraz CIDIN (*Common ICAO Data Interchange Network*). CIDIN jest w pewnym sensie ogniwiem przejściowym. Posługuje się technikami właściwymi dla sieci komputerowych, ale nadal zachowuje strukturę właściwą AFTN;

informacja biegnie ściśle określoną drogą od węzła do węzła aby na końcu trafić do adresatów. OLDI jest systemem łączy opartych na sieci komputerowej, poprzez którą organy ruchu lotniczego koordynują swoje działania. Gdzie tylko jest potrzebny dostęp do informacji o ruchu lotniczym (co obejmuje plany lotu, NOTAMy, METARy, TAFy, sytuację ruchową, informacje lotniskowe itp.), należy zapewnić końcówkę sieci pakietowej, komputer z osprzętem X.25 i oprogramowaniem terminala CIDIN lub OLDI.



Rys. 2. Stała Lotnicza Sieć Telekomunikacyjna AFTN – połączenia węzła COM Warszawa

Tam gdzie jest to potrzebne serwery AFTN/CIDIN mogą pełnić rolę punktu styku AFTN z innymi lotniczymi sieciami wymiany danych, np. siecią meteorologiczną WMO, siecią SITA (*Societe Internationale de Telecommunication Aeriennne*), a nawet zarysowującym się "lotniczym internetem" - siecią ATN (*Aeronautical Telecommunication Network*) [9].

ATN jest nowoczesnym projektem zintegrowania wszystkich systemów łączności lotniczej w jeden, wspólnie działający organizm. Ideą przyświecającą twórcom ATN jest

stworzenie platformy podobnej do Internetu, jednak bezpieczniejszej i o niezawodności wymaganej w zastosowaniach lotniczych umożliwiającej projektowanie dowolnych aplikacji spełniających wszystkie wymagania stawiane przez użytkowników przestrzeni powietrznej [3]. Dlatego też korzystać z usług tej sieci mogą zarówno służby ruchu lotniczego, jak i przewoźnicy, producenci oraz administracja. Istotą ATN jest integracja istniejących systemów takich jak ARINC, VDL, X.25, TCP/IP, ACARS, które dotychczas działają zupełnie oddzielnie, tak aby tworzyły jeden system. Aby spełnić pokładane w nim oczekiwania, takie jak uniwersalność, kompatybilność i niezawodność, projekt ATN oparty jest na warstwowej strukturze OSI (*Open System Integration*) [5].

### 3.2. Wyzwania łączności stałej

Jak widać, lotnicze sieci łączności cechuje daleko idący rozdźwięk. Z jednej strony większość wymiany danych odbywa się przy użyciu zaawansowanych technik, z drugiej utrzymuje się w ruchu sieci przestarzałe. Dzieje się tak z kilku powodów.

Po pierwsze, łączność w lotnictwie musi być utrzymywana w ciągłym działaniu. Nie możemy jej wyłączyć na czas modernizacji, gdyż z informacji za jej pomocą przekazywanych korzystają wszyscy odpowiedzialni za bezpieczeństwo. Tak samo niemożliwym jest przeprowadzanie badań oraz testów na działającej sieci, gdyż może to spowodować zakłócenia w jej pracy.

Po drugie, informacja musi krążyć bez przeszkód po całym świecie. Implikuje to bardzo poważne ograniczenia inwestycyjne, gdyż nie każdego stać na nowoczesną infrastrukturę. Ta sama informacja musi zostać odebrana bez przeszkód na lotnisku, które przyjmuje kilka samolotów na minutę, jak i na tym które przyjmuje jeden na dobę. Biorąc pod uwagę błyskawiczny spadek wartości nowoczesnych elementów sieci przesyłowych, ciągła ich wymiana jest nieekonomiczna.

Po trzecie, nieustające są wątpliwości dotyczące bezpieczeństwa świeżo implementowanych rozwiązań, ponieważ z założenia, branża lotnicza wymaga najwyższego możliwego do uzyskania jego poziomu. Niedopuszczalne są przerwy, przekłamanie lub opóźnienia w działaniu systemu. Dotychczasowa praktyka ze skomplikowanymi systemami telekomunikacji wykazuje, że nie są one odporne na przeciążenia i nie zapewniają całkowitej bezawaryjności. Wystarczy wspomnieć sposób działania telefonii GSM w krytycznych informacyjnie chwilach, notoryczne błędy w działaniu systemów bankowych lub poczty elektronicznej. Z drugiej strony, ciągły wzrost liczby wykonywanych operacji i przewożonych pasażerów oraz dążenie do minimalizacji kosztów wymusza zastępowanie starych technologii nowymi, wydajniejszymi. Dlatego też zarówno producenci i użytkownicy zainteresowani są wdrażaniem rozwiązań zapewniających zwiększenie przepustowości i zmniejszenie pracochłonności obsługi. Pomimo tego, podczas wdrażania nowych systemów musi być zachowywana najwyższa ostrożność. Powszechnie praktykowane jest tworzenie nowych systemów pracujących równoległe ze starszymi, które stanowią gorącą rezerwę. Pomimo wprowadzenia CIDIN i OLDI funkcjonuje AFTN oparta na połączeniach modemowych w standardzie V24, które można zastąpić transmisją telegraficzną alfabetem IA-5 lub ITA-2 i linią dalekopisową. Ponadto zalecane jest, aby skomputeryzowane węzły AFTN mogły współpracować również ze zwykłym faksami.

Każdy z tych czynników sprawia, że rozbudowa i modernizacja sieci łączności stałej jest niezmiernie czasochłonna i kosztowna. Często dochodzi do opieszałości w jej administrowaniu, co może skutkować groźnymi następstwami, na przykład przeciążeniem dotąd użytkowanych jej elementów. Również wyłączenie jednego tylko elementu, na przykład centralnej bazy danych, bywa przyczyną ogromnych opóźnień w ruchu lotniczym.

#### 4. PODSUMOWANIE

Współczesna telekomunikacja lotnicza boryka się z wieloma problemami, które wynikają nie tylko z ciągłego rozwoju ruchu, lecz również ze stosowanych w przeszłości metod przesyłania danych. Rozwój technologii zarządzania ruchem lotniczym oraz produkowania statków powietrznych musi być wyprzedzany przez rozbudowę infrastruktury, od której w dużej mierze zależy bezpieczeństwo wykonywanych operacji. Niektóre elementy, takie jak łączność radiotelefoniczna, są bardzo mało podatne na modyfikacje, i pozostają przyczyną zagrożeń, których skutki są trudne do przewidzenia. Natomiast trend w sieciach łączności stałej zdecydowanie dąży do unifikacji wielu systemów o różnych specyfikacjach w jeden, w pełni cyfrowy.

#### Bibliografia

1. International Civil Aviation Organization, Annex 10: Aeronautical Telecommunications Volume II, Sixth Edition, October 2001.
2. Państwowa Komisja Badania Wypadków Lotniczych: Raport Końcowy – poważny incydent zdarzenie nr: 344/07, Warszawa 2008.
3. Kwiecień M.: Aeronautical Fixed Telecommunication Network, Politechnika Rzeszowska, 2001/2002.
4. Malarski M.: Inżynieria Ruchu Lotniczego, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2006.
5. McConnell J.: An overview of the Aeronautical Telecommunication Network (ATN), International Civil Aviation Organization, Singapore, 26-30 March 2001.
6. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 29 czerwca 2005 r. w sprawie Krajowej Tablicy Przeznaczeń Częstotliwości, Dz.U. 2005 nr 134 poz. 1127.
7. Polska Agencja Żeglugi Powietrznej, AIP Polska GEN 3.4-1, 11 FEB 2010, AIRAC AMDT 094.
8. Sadowski P.: Siergiejczyk M.: Zastosowanie sieci IP w systemach zarządzania ruchem lotniczym ATM, Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne nr 8-9/2009. ISSN 1230-3496. Wyd. Sigma NOT, Warszawa 2009, str. 1868-1875.
9. Tomczak – Janowski J.: <http://www.heading.pata.pl/>, Akt. 28-01-2009.

#### PROBLEMS OF MODERN AVIATION TELECOMMUNICATION

**Abstract:** The following paper summarizes currently used ways of transmitting informations on a distance in civil aviation. Description covers the radiotelephony, as well as fixed telecommunication systems: AFTN, CIDIN, OLDI and ATN. It brings up issues limiting their usage and potential risks resulting from implementation of certain solutions within those ways of telecommunication. Requirements of the air traffic and the subjects involved in the branch are emphasised.

**Keywords:** Radiotelephony, AFTN, ATN, CIDIN, OLDI