

SATCOM

BUILDING PENETRATION MEASUREMENT AND MODELLING FOR SATELLITE COMMUNICATIONS AT L, S AND C-BAND



**Katedra elektromagnetického pole
FEL ČVUT v Praze**
Technická 2
166 27 Praha 6 - Dejvice
www.fel.cvut.cz

Project duration: 2009 to 2010
Project manager: Pavel Pechač
pechac@fel.cvut.cz

Department of Electromagnetic Field, Faculty of Electrical Engineering Czech Technical University in Prague

Czech Technical University in Prague is the largest technical university in the Czech Republic with 300 hundred years of tradition. The University has about 3200 employees in 8 faculties and several independent institutes.

Faculty of Electrical Engineering targets activities in research and education towards state-of-the-art research in selected areas of electrical engineering, telecommunications, automation, informatics and computer science.

The focus of the Department of Electromagnetic Field is on antennas and propagation, electromagnetic field theory, microwave and millimetre wave techniques, terahertz spectroscopy, optical communications, EMC/EMI. Teaching and research in the field of antennas and radiowave propagation has long tradition at the department. Shielded anechoic antenna chamber and microwave laboratories support the activities by large variety of implemented measurements methods in frequency bands from few MHz up to 110 GHz. The department disposes of several professional software tools for antenna and microwave circuits design as well as of in-house developed software for advanced propagation predictions.

The objective of the project Building Penetration Measurement and Modelling for Satellite Communications at L, S and C-Band was to address satellite-to-indoor propagation channel for future satellite services.

An extensive measurement campaign, covering a representative set of typical buildings in an urban area and aimed at building penetration loss for satellite services at L, S and C-band, was performed in Prague in the summer of 2009. Throughout the measurements, a remote-controlled airship was used as a pseudo-satellite carrying a transmitter.

The theoretical part of the project started by the review of existing models for the satellite-to-indoor propagation channel. Selected models were later validated and compared with the obtained experimental data and the new derived empirical models. For these purposes, the experimental data were statistically processed and categorized at first, namely to investigate building penetration loss as

a function of frequency, elevation angle, azimuth angle with respect to the building orientation, floor number with respect to surrounding roof heights, position within the indoor environment, type of the building and its surroundings, and receiver antenna orientation. Each measurement scenario was thoroughly investigated to identify all the predicted effects influencing the wave propagation. The theoretical part of the project followed both the statistical/empirical approach to provide efficient models for propagation modelling as well as deterministic approach to understand the wave propagation mechanisms of the satellite-to-indoor channel.

As the main result, new empirical models of building penetration loss for satellite services at L, S and C-band were proposed. The results were published as journal papers and presented at several conferences.



Remotely controlled airship. Transmitter station is on close-up.

What would you name as main benefits of the project to you and your department?



"The ESA project Building Penetration Measurement and Modelling for Satellite Communications at L, S and C-Band was our first ESA research project. Primarily we have gained valuable experience and insight in doing business with ESA and made new contacts with top international experts in the field. We believe that this cooperation will continue. The project itself was, of course, very interesting for us as well. Based on unique experiment trials, we have developed new models of the building penetration loss for satellite mobile systems."

SATCOM

MĚŘENÍ A MODELOVÁNÍ PRONIKÁNÍ SIGNÁLU DO BUDOV PRO DRUŽICOVÉ KOMUNIKACE V PÁSMECH L, S A C



**Katedra elektromagnetického pole
FEL ČVUT v Praze**
Technická 2
166 27 Praha 6 - Dejvice
www.fel.cvut.cz

Trvání projektu: 2009 až 2010
Vedoucí projektu: Pavel Pechač
pechac@fel.cvut.cz

Katedra elektromagnetického pole, FEL ČVUT v Praze
České vysoké učení technické v Praze je největší technická univerzita v České republice s více než 300-letou tradicí. Univerzita má přes tři tisíce zaměstnanců, osm fakult a několik samostatných institucí.

Fakulta elektrotechnická (FEL) je zaměřena na vzdělávání, výzkum a vývoj ve vybraných oblastech elektrotechniky, telekomunikací, automatizace a informatiky.

Katedra elektromagnetického pole je zaměřena na antény a šíření vln, teorii elektromagnetického pole, mikrovlnnou a milimetrovou techniku, terahertzovou spektroskopii, optické komunikace a EMC/EMI. Vzdělávání a výzkum v oblasti antén a šíření elektromagnetických vln má na katedře dlouholetou tradici. Je k dispozici stíněná bezodrazová anténní laboratoř s rozsáhlými měřicími možnostmi ve frekvenčním rozsahu od jednotek MHz až do 110 GHz. Katedra disponuje několika profesionálními softwarovými nástroji pro design anténových a mikrovlnných obvodů, a mimo jiné také programem pro pokročilou predikci šíření elektromagnetických vln, který byl vyvinut na katedře.

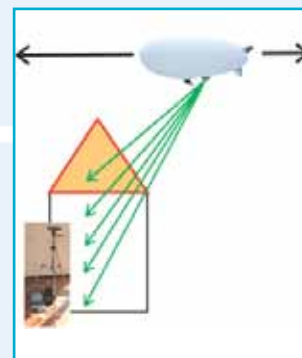
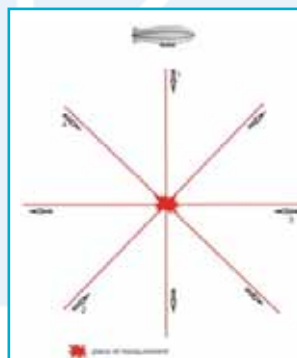
Cílem projektu Měření a modelování pronikání signálu do budov pro družicové komunikace v pásmech L, S a C byl výzkum šíření elektromagnetických vln z družice do budov v zástavbě pro potřeby budoucích družicových systémů.

V létě roku 2009 byla v Praze, v pěti reprezentativních typech budov, realizována rozsáhlá měření ztrát při pronikání signálu do budov pro družicové služby v pásmech L, S a C. Při měřeních byla jako tzv. pseudo-družice využita malá dálkově řízená vzducholoď, která nesla vysílací část měřicí aparatury.

Teoretická část projektu začala revizí existujících modelů šíření signálu od družice do budov. Vybrané modely byly posléze validovány a porovnány se získanými daty a nově odvozenými empirickými modely. Pro tyto účely byla experimentální data nejdříve statisticky zpracována a roztríděna, aby bylo možné studovat útlum jako funkci frekvence, elevace, azimutu vzhledem k orientaci budovy, čísla podlaží vzhledem k výšce okolních střeš, poloze ve vnitřních prostorách, typu budovy a jejímu okolí a orientaci přijímací antény. Každý měřený scénář byl důkladně prozkoumán za účelem zjištění všech předvídatelných efektů ovlivňujících šíření signálu. Teoretická část projektu byla založena jak na statistickém a empirickém přístupu, za účelem vývoje vhodných modelů, tak i na deterministickém

přístupu, který umožnil porozumět příslušnému mechanismu přenosového kanálu.

Hlavním přínosem projektu je návrh nových empirických modelů pro útlum pronikání signálu do budov pro družicové systémy v pásmech L, S a C. Výsledky byly publikovány v mezinárodních časopisech a prezentovány na několika konferencích.



Schématické znázornění přeletů vzducholoďe s vysílací stanicí nad každým měřeným stanovištěm a kalibrační měření na volném prostranství.

Co vám účast v projektu přinesla?



„Účast v projektu ESA Měření a modelování pronikání signálu do budov pro družicové komunikace v pásmech L, S a C, který byl naším prvním výzkumným projektem ESA, pro nás znamenala především získání cenných zkušeností v oblasti spolupráce s ESA a navázání nových kontaktů se špičkovými zahraničními odborníky v dané oblasti. Věříme, že tato spolupráce bude i nadále pokračovat. Velmi zajímavé bylo samozřejmě i samotné řešení projektu, kdy jsme díky unikátním experimentům vyvinuli zcela nové modely pro pronikání družicových signálů do budov.“