

AKTUÁLNE OTÁZKY VÝSKUMU TELEKOMUNIKAČNÝCH SYSTÉMOV A SIETÍ

ACTUAL QUESTIONS OF TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND NETWORKS RESEARCH

S. V. Babenko, A. V. Vorivošin, A. N. Vorotkov, S. V. Gorodničev, S. V. Dementiev, D. Je. Jeriominskij, A. V. Karpov, I. S. Kačur, S. N. Kuznecov, Ju. V. Kurganovová, Je. G. Motorinová, A. A. Petrov, P. V. Podvornij, Je. P. Tichonov, P. N. Tolmačov, A. V. Tolstošejin, D. Ju. Jurčenko,

Moskovská štátna univerzita komunikačných prostriedkov (MIIT), Inštitút riadiacich systémov, telekomunikácií a elektrifikácie, Katedra rádiotechniky a oznamovacej techniky, Rusko, Moskva, ul. Obrazcova, dom 15, Tel./fax: 7 (0905)6810385, e-mail: zenkovich@bk.ru

Abstrakt Cieľom tohto príspevku je oboznámiť čitateľov s tematikou vedeckého výskumu realizovaného Katedrou rádiotechniky a oznamovacej techniky Inštitútu riadiacich systémov, telekomunikácií a elektrifikácie na MIIT Moskva v Rusku. Článok obsahuje stručné obsahy článkov doktorandov uvedenej katedry, ktoré sú umiestnené na stránke [1].

Summary This contribution aims to inform readers about topics of scientific research performed at the Department of Radio and Communication Engineering (Kafedra rádiotechniki i elektrosvjazi), the Institute of Control Systems, Telecommunications and Electrification, Moscow State University of Communication Means (MIIT). The paper contains brief descriptions of papers written by PhD students of the given Department that are available at [1].

1. MODEL SYSTÉMU SPRACOVANIA VOLANÍ V DIGITÁLNEJ HROMADNEJ RÁDIOVEJ SIETI S RÔZNYMI PRIORITAMI A PROCEDÚRAMI OBSLUHY ÚČASTNÍKOV.

S. V. Babenko

Výpočet potrebného počtu kanálov (kanálovej kapacity) pre plánované prevádzkové zaťaženie umožňuje dosiahnuť prijateľnú kvalitu a vylúčiť pri plánovaní „zbytočné“ rezervy systému. V rámci prác súvisiacich s vypracovaním metodiky projektovania digitálnych hromadných rádiových sietí TETRA pre železničnú dopravu bol vytvorený programový výskumný komplex na posúdenie kvality obsluhy účastníkov digitálnych hromadných rádiových sietí s rozličnými prioritami a procedúrami obsluhy účastníkov, založený na imitačnom štatistickom modelovaní systému spracovania volaní v hromadnej rádiovéj sieti. Navrhnutý programový výskumný komplex umožňuje ohodnotiť kvalitu prevádzky systémov technologického rádiového spojenia pri zadanom počte účastníkov a projektovanom počte spojovacích kanálov už v štádiu návrhu systému.

Školiteľ: doc. A. V. Ledňov, CSc..

2. SYSTÉM RÁDIOVEJ KONTROLY AUTOMATIKY ŽELEZNIČNÝCH PRIECESTÍ VÝROBNÝCH PODNIKOV ŽELEZNIČNEJ DOPRAVY (VPŽD).

A. V. Vorivošin

Navrhnutý systém je realizovaný s využitím radiálno-uzlového princípu. Systém pracuje na frekvencii pridelenéj traťovej službe a sekundárne využíva časť frekvenčného pásma pod frekvenčným

pásmom hovorového signálu informácie formou kódových kombinácií. Každému zo 14 kanálov je pridelený samostatný kód. Uvedenie systému do prevádzky sa realizuje odvysielaním kódovej kombinácie z centrálného stanovišťa (CS) všetkým prejazdom. Následne sa uskutočňuje postupný prenos informácií z prejazdov na CS. Na prenos informácie o bezchybnom stave a poruche sa využíva dvojestavové kľúčovanie fázy (2PSK). Kód prejazdu je aj jeho adresou. Systém zvyšuje bezpečnosť prevádzky železničnej a cestnej dopravy, pracuje s vysokou rýchlosťou, spôsobuje veľmi malé rušenie traťovej služby, ktorá primárne využíva rovnakú frekvenciu. Rušenie systému drážnou službou sa prakticky neprejavuje.

Školiteľ: prof. Ing. A. A. Volkov, DrSc.

3. CHARAKTERISTIKA SIETE PRENOSU DÁT PRE ŽELEZNICU.

A. N. Vorotkov

Každý prevádzkovateľ buduje svoju sieť vychádzajúc z podmienok, ktoré stanovujú používatelia využívajúci telekomunikačné služby. Kvalita poskytovanej služby sa nesmie meniť pri zmene topológie a zaťaženia siete. Preto je potrebné stanoviť presné požiadavky na konkrétnu sieť, t.j. na jej charakteristiky: parametre kvality, prenosovú kapacitu, kapacitu vyrovnávacích pamätí, oneskorenie, fázové chvenie (jitter). Analýza siete prenosu dát Gorkovskej železnice ukázala, že funkčnosť a hustota rozdelenia zaťaženia pre kanál s maximálnym zaťažením a priemerná hodnota pre všetky kanály predstavuje Γ -funkciu. Základným činiteľom ovplyvňujúcim kvalitu služieb QoS je fázové chvenie. Na jeho modelovanie je navrhnuté

použitie modelu fraktálového brownovského pohybu.

Školiteľ: prof. Ing. O. N. Romaškovová, DrSc.

4. POSÚDENIE KVALITY OBSLUHY DIGITÁLNYCH RÁDIOTELEFÓNNYCH INFORMAČNÝCH SYSTÉMOV ŽELEZNIČNEJ DOPRAVY.

S. V. Gorodničev

Analyzuje sa systém hromadnej obsluhy s viacerými prioritami, ktorý umožňuje určiť základné charakteristiky kvality obsluhy požiadaviek v digitálnych hromadných rádiových sieťach s technológiou TETRA. Uvedené sú výsledky modelovania, realizovaného pre štvorfrekvenčné základňové stanice. Je stanovený prípustný počet účastníkov, rozdelených do troch skupín podľa priorit, obsluha ktorých sa bude uskutočňovať so stanovenou kvalitou.

Školiteľ: doc. Ing. N. A. Kazanskij, CSc.

5. PROBLÉMY VYUŽITIA TECHNOLOGIE PASÍVNYCH OPTICKÝCH SIETÍ PON V ŽELEZNIČNEJ DOPRAVE.

S. V. Dementiev

Siete PON zabezpečujú vybudovanie pružných rozvetvených topológií optických sietí na prenos veľkých objemov multimediálnych informácií. V článku je posúdený vplyv zvláštností PON na kvalitu distribúcie informácií v účastníckych prístupových sieťach. Analyzované sú procesy vznikajúce pri delení optického výkonu v rozbočovači a ich vplyv na činnosť siete. Je tiež posúdená možnosť využitia riedkeho vlnového multiplexu CWDM (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*) v sieťach PON a s tým súvisiace problémy vzniku nelineárnych skreslení v dôsledku veľkého výkonu signálu zavádzaného do vlákna.

Školiteľ: doc. Ing. N. A. Kazanskij, CSc.

6. VYŠETRENIE VZÁJOMNÝCH VPLYVOV KANÁLOVÝCH SPEKTIER SYSTÉMU DWDM.

D. Je. Jeriominskij

Použitie hustého vlnového multiplexu DWDM v rozľahlých magistralných sieťach Ruska si vyžiadalo ďalší výskum. V článku sa rozoberá vplyv nelineárnych javov na šírenie signálu po optickom vlákne. Mimoriadna pozornosť je venovaná javu štvorvlnového posuvu, ktorý je najškodlivejší pre systémy DWDM. Pri zmiešavaní signálov prenášaných na rôznych vlnových dĺžkach vznikajú vo vlákne parazitné signály. Je vypočítaný počet týchto signálov v prevádzkových kanáloch a ich výkon. Realizované sú výpočty ochranných pomerov každého kanála systému, keď sú ako

prenosové prostredie použité rôzne druhy optických vlákien.

Školiteľ: doc. Ing. N. A. Kazanskij, CSc.

7. OPRÁVNENOSŤ POUŽITIA E-MODELU ITU-T PRI URČOVANÍ KVALITY PAKETOVÉHO PRENOSU REČI.

A. V. Karpov

V článku sú uvedené rôznorodé príklady určovania kvality reprodukcie reči, orientované na využitie kritéria ekvivalentného pomeru signál/šum SNR_{ekv} (*CCITT Contribution Com.XII-N. Study period. vol.V, Q 1S/XII, Annex 3,4*). Ich výsledky dobre navzájom korešponujú, čo však neplatí o výsledkoch získaných pomocou E-modelu ITU-T, keď je použitý na určenie šumu súvisiaceho s procesom odhadzovania chybných rečových paketov. Porovnanie údajov získaných na základe kritérií SNR_{ekv} a stupňa kvality R (*Quality Rating*) svedčí o tom, aproximácia závislosti pomeru signál/šum od pravdepodobnosti straty paketu, použitá v E-modeli, neumožňuje získať výsledky prijateľné pre prax.

Školiteľ: prof. Ing. G. V. Gorelov, DrSc.

8. ŠTATISTICKÉ A ANALYTICKÉ URČENIE KVALITY PAKETOVÉHO PRENOSU REČI.

I. S. Kačur

Analytické určenie kvality rekonštrukcie reči pri IP telefónii (pri zohľadnení odhadzovania chybných rečových paketov) sa zakladá na stanovení pomeru signál/šum pri štandardnej dĺžke rečového paketu s využitím rozdelenia pravdepodobnosti odhodenia i rečových paketov $P_i(i)$ za sebou. Štatistické modelovanie procesov odhadzovania rečových paketov a rekonštrukcie reči sa používa na overenie výsledkov analytického modelovania. Z výsledkov štatistického modelovania vyplynul dostatočne vysoký stupeň zhody medzi hodnotami získanými analytickým a štatistickým spôsobom.

Školiteľ: prof. Ing. G. V. Gorelov, DrSc.

9. ANALYTICKÉ ZNÁZORNENIE OBÁLKY A FÁZY JEDNOPÁSMOVÉHO (REČOVÉHO) SIGNÁLU.

S. N. Kuznecov

V článku je navrhnuté zovšeobecnené určovanie analytického signálu, na základe ktorého sa určuje obálka a fáza jednopásmového a rečového signálu. Rečový signál je jednopásmový signál posunutý pozdĺž frekvenčnej osi nahor. Obálka rečového signálu a jednopásmového signálu sa odlišujú len o konštantný súčiniteľ, a fázy o uhol wt . Otázky súvisiace s vyšetrovaním obálky a fázy sú kľúčové pri vypracovaní rôznych metód kompresie reči.

Školiteľ: prof. Ing. A. A. Volkov, DrSc.

10. NELINEÁRNE SPRACOVANIE SIGNÁLOV PODOBNÝCH ŠUMU.

Ju. V. Kurganovová

V súčasnej dobe sú najperspektívnejšie telekomunikačné systémy so signálmi podobnými šumu (SPŠ), nakoľko zabezpečujú najväčšiu frekvenčno-časovú efektívnosť. To znamená, že v rovnakom (širokom) frekvenčnom pásme je možné prenášať veľký počet kanálov a dokonca v rovnakom čase, ktoré sa potom rozdelia podľa formy signálov. Signály rozličných kanálov vytvárajú vzájomné rušenie, čo determinuje maximálny počet súčasne prenášaných kanálov. Preto je dôležité určiť prechodové a tiež nelineárne skreslenie signálov. V práci je rozpracovaná metodika na stanovenie nelineárnych a prechodových skreslení SPŠ a je tiež upresnený odhad odolnosti proti rušeniu pri prijímaní SPŠ s obmedzenou šírkou pásma.

Školiteľ: prof. Ing. A. A. Volkov, DrSc.

(Pozn. prekladateľa: Pre „signály podobné šumu“ sa u nás bežne používa termín „signály s rozprestretým spektrom“.)

11. VYŠETROVANIE ZÁVISLOSTI KVALITY REKONŠTRUKCIE REČI OD CHARAKTERISTÍK RÁDIOVÉHO SPOJA.

Je.G. Motorinová

Pri realizácii rádiového spoja je efektívne súčasné využitie technológií podľa štandardu IEEE 802.11 (Radio-Ethernet) a vyžarovacích káblov. Navrhnutá je metodika určenia pravdepodobnosti straty rečového paketu na základe údajov o spoľahlivosti spojenia a ďalších charakteristikách rádiového spoja. Metodika je aplikovaná na vyšetrovanie použitého algoritmu prenosu paketov bez adaptácie podľa stavu rádiového spoja a tiež na algoritmus s adaptáciou, navrhnutý v práci. Pri zabezpečení absolútne spoľahlivého rádiového spoja je možné zaručiť výbornú kvalitu reprodukcie (rekonštrukcie) reči pri IP telefónii. Pri určitom znížení kvality je však možné zmenšiť náklady na realizáciu rádiového spoja (napríklad zväčšením dĺžky zosilňovacieho úseku vyžarovacieho kábla). Na príklade konkrétneho rádiového spoja v pásme 2,4 GHz je ukázané, že znížením kvality reprodukcie reči z výbornej na veľmi dobrú alebo dobrú je možné zväčšiť požadovanú dĺžku zosilňovacieho úseku o 9,9 respektíve 18,9% (pri algoritme bez adaptácie) a o 12,6 respektíve 36,1% (pri algoritme s adaptáciou). V oboch prípadoch sa dosiahne podstatné zníženie nákladov na zariadenie.

Školiteľ: prof. Ing. G.V. Gorelov, DrSc.

12. ANALÝZA EFEKTÍVNOTI POUŽITIA TECHNOLOGIE VOIP V ŽELEZNIČNEJ DOPRAVE.

A. A. Petrov

Príspevok je pokusom o komplexné posúdenie technológie VoIP, analyzovanie tendencií jej rozvoja a určenia jej pozície v informačných systémoch železničnej dopravy. Otázky súvisiace s efektívnosťou použitia technológie VoIP sú rozoberané v troch nezávislých rovinách: kvalita prenosu reči, ekonomické ukazovatele a funkčná spoľahlivosť. Na analýzu kvality prenosu reči sú experimentálne stanovené parametre zaťaženia systémov IP telefónie a je navrhnutý imitačný model brány na prijímacej strane. To umožnilo určiť závislosť pravdepodobnosti odhodena paketov a veľkosti vyrovnávacej pamäte od zaťaženia kanála pre prenos informácií. Ekonomický efekt zavedenia technológie VoIP je obtiažne ohodnotiť tradičnými „účtovníckymi“ metódami, preto je v práci urobená adaptácia metód určenia TCO (Total Cost of Ownership) a ROI (Return Of Investigation) na IP telefóniu. To umožnilo zohľadniť telekomunikačnú špecifiku zavádzaných projektov a poskytnúť odporúčania na zníženie a optimalizáciu nákladov.

Školiteľ: prof. Ing. O. N. Romaškovová, DrSc.

13. ANALYTICKÉ MODELÝ ROZLOŽENIA ÚČASTNÍKOV NA OBSLUHOVANOM ÚZEMÍ PRI VYŠETROVANÍ SIETE S BUNKOVOU ŠTRUKTÚROU.

P.V. Podvornyj

Pri analýze mobilných rádiových sietí s bunkovými štruktúrami sa na diskretný popis rozdelenia zaťaženia od mobilných účastníkov na obsluhovanom území používa rad analytických modelov na určenie odhadov (vrátane medzných) potrebného počtu kanálov. Na príklade väzku buniek systému štandardu TETRA v železničnom uzle je ukázané, že presné odhady poskytuje kombinácia kauzálne degradovaného a rovnomerného rozdelenia (keď je známy celkový počet účastníkov na obsluhovanom území a maximálny počet účastníkov v bunke) a Poissonovské rozdelenie (pri známom celkovom počte účastníkov a zväčšení získaných výsledkov o 10 -15% s ohľadom na perspektívy rozvoja siete).

Školiteľ: prof. Ing. G. V. Gorelov, DrSc.

14. RIADENÉ SLABIKOVÉ KOMPANDOVANIE V DIGITÁLNYCH TELEKOMUNIKAČNÝCH KANÁLOCH.

Je. P. Tichonov

Jeho podstata spočíva v tom, že z modulačného rečového signálu (RS) alebo podľa neho vytvoreného jednopásmového signálu sa vyčlení obálka slabík a podľa jej zákonitostí sa uskutočňuje

kompresia amplitúdy rečového signálu alebo AM signálu s jedným postranným pásmom približne o 45 dB. Obálka slabík sa prenáša spolu s komprimovaným rečovým signálom pomocou frekvenčného multiplexovania. Aby bol možný jej prenos, obmedzuje sa šírka pásma rečového signálu zhora o 650 Hz a do uvoľnenej časti spektra sa umiestňuje FM signál, prenášajúci obálku slabík. Tým bude maximálna frekvencia rečového signálu $F_{m} = 2750$ Hz namiesto 3400 Hz, v dôsledku čoho sa kvalita prenosu reči zhorší. Aby sa tento nedostatok odstránil, bolo navrhnuté neobmedzovať šírku pásma rečového signálu a obálku slabík prenášať na subnosnej $f_N = 3800$ Hz namiesto odporúčanej 2850 Hz. Pri takomto riešení je možné realizovať frekvenčný multiplex komprimovaného RS alebo AM signálu s jedným postranným pásmom a FM signálu, pričom kvalita syntetizovanej reči bude vysoká.

Školiteľ: prof. Ing. A.A. Volkov, DrSc.

15. CHARAKTERISTIKY PAKETOVÉHO PRENOSU REČI SIEŤAMI FRAME RELAY.

P. N. Tolmačov

Pri projektovaní, uvádzaní do prevádzky a samotnej prevádzke informačných telekomunikačných sietí je jedným zo základných problémov úloha zabezpečenia kvality obsluhy (stanovených hodnôt oneskorení, strát a i.) pri spracovaní toku dát – zaťaženia, ktoré je dôsledkom výmeny informácií medzi systémami. Na základe realizovaného výskumu bol vypracovaný program analýzy kvality obsluhy v sieťach Frame Relay. Boli stanovené charakteristiky celkového oneskorenia v závislosti od požadovanej prenosovej rýchlosti na výstupnom porte pre rozličné počty účastníkov, charakteristiky strednej hodnoty oneskorenia v závislosti od počtu účastníkov, pri zadanej prenosovej rýchlosti výstupného toku. Získané výsledky pomôžu zabezpečiť zvýšenie efektívnosti spracovania zaťaženia z hľadiska zlepšenia takých ukazovateľov ako je oneskorenie, strata paketov, a tiež účinnosť systému.

Školiteľ: doc. Ing. A. V. Ledňov, CSc.

16. METODIKA VYŠETROVANIA PROCESOV V SIEŤACH PRENOSU DÁT ŽELEZNIČNEJ DOPRAVY.

A.V. Tolstojev

Sieť prenosu dát akciovej spoločnosti RŽD zabezpečuje výmenu operatívnych a administratívnych informácií na železničných tratiach a je najväčšou firemnou sieťou na prenos integrovaného zaťaženia v Rusku. V podmienkach, keď sa pripájajú nové uzly a narastajú objemy prenášaných informácií, začína hrať dôležitú úlohu problematika zvýšenia efektívnosti spracovania zaťaženia a to optimalizáciou pravdepodobnostno-

časových charakteristík informačných systémov na základe vyšetovania procesov v počítačových sieťach, zostavenia imitačných modelov zohľadňujúcich reálne rozdelenia vstupného toku dát a na ich základe vytvárania modelov procesov spracovania a riadenia zaťaženia. Je vyšetrený súčasný stav a základné termíny sebedobného zaťaženia: sebedobnosť, Herstov koeficient, dlhodobá pamäť a rozdelenia s dlhými postrannými vetvami. Bol realizovaný experiment zameraný na zber a štatistickú analýzu zaťaženia siete. Vyšetované boli jeho kvantitatívne a kvalitatívne charakteristiky a urobené závery o výskyte vlastností sebedobnosti. Na základe superpozície ON-OFF zdrojov bol navrhnutý imitačný model paketového zaťaženia. Ďalšie rozpracovanie systému spracovania a porovnania prevádzkových parametrov pre systémy M/M/1 a G/M/1 so sebedobným vstupným tokom smeruje k tomu, aby bola ukázaná aktuálnosť problému sebedobnosti u súčasných systémov.

Školiteľ: prof. Ing. O. N. Romaškovová, DrSc.

17. POUŽITIE PROGRAMOV IMITAČNÉHO MODELOVANIA PRI PROJEKTOVANÍ TELEKOMUNIKAČNÝCH SIETÍ.

D.Ju. Jurčenko

V súvislosti s posudzovaním možnosti použitia telekomunikačných systémov, založených na štandardoch 802.16d a 802.16e, pre železničnú dopravu, študuje sa otázka adekvátnosti a použiteľnosti prostredia pre imitačné modelovanie *Network Simulator 2* na vytvorenie modelov telekomunikačných sietí, založených na daných protokoloch. Pri vytvorení takéhoto modelu telekomunikačnej siete môžu byť použité jednak statické modely, ktoré sa používajú na vyšetovanie stavu siete v definovaných časových okamihoch (analytické metódy výpočtu podľa teórie hromadnej obsluhy), ako aj dynamické modely – diskrétné stochastické modely, napríklad procesy generovania požiadaviek alebo procesy ich obsluhy, v rámci modelovaného prostredia je možné porovnávať funkčnosť jednotlivých protokolov a vytvárať nové a tiež prepracovávať problematiku smerovania zaťaženia mobilných účastníkov a zabezpečenia roamingu. Na základe modelovania je možné aproximovať vlastnosti a správanie vyšetovanej siete, ktorá v budúcnosti umožní riešiť úlohy súvisiace s riadením a optimalizáciou. Overovanie a použitie jednotlivých riešení na modeli je neporovnateľne lacnejšie ako na reálnom systéme a umožňuje vylúčiť možné chyby. Analýza situácie nám dáva v budúcnosti možnosť znížiť náklady na modernizáciu, keď sa prejaví nedostatok prenosovej kapacity siete.

Školiteľ: prof. Ing. O. N. Romaškovová, DrSc.

18. ZÁVER

Príspevok bol spracovaný na základe bilaterálnej dohody o spolupráci uzatvorenej v roku 2005 medzi Inštitútom riadiacich systémov, telekomunikácií a elektrifikácie MIIT Moskva a Elektrotechnickou fakultou ŽU v Žiline.

*Preklad z ruštiny: doc. Ing. Ján Dúha, PhD.,
Katedra telekomunikácií EF ŽU v Žiline*

LITERATÚRA

[1] http://www.mii.ru/institut/isute/faculties/re/direct/articles_1.htm