

Optikai-mikrohullámú szűrés fénytávközlő rendszerek intenzitás zajának csökkentésére

CSÖRNYEI MÁRK, BERCELI TIBOR

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék
csornyei@mht.bme.hu, berceli@mht.bme.hu

Reviewed

Kulcsszavak: optikai helyi hálózatok, félvezető lézer, intenzitás zaj, zajelnyomás, koherencia

Elsősorban rövidtávú üvegszálás összeköttetések, így helyi, városi hálózatok, valamint optikai-mobil rendszerek esetén a lézerdiódák relatív intenzitás zaj (RIN) az átvitel legjelentősebb zajforrása. A következőkben az intenzitás zaj csökkentésére kidolgozott új, kizárólag passzív optikai eszközöket használó zajcsökkentő eljárást mutatunk be. Az új elgondolás szerint ki-egyenlített Mach-Zehnder interferométer (Unbalanced Mach-Zehnder Interferometer, UMZI) használva, illetve azt optikai transzverzális szűrővé alakítva, lehetővé válik a lézerdiódák esetén a mikrohullámú tartományban jelentkező RIN jelentős csillapítása és ezáltal az optikai vevőben mérhető jel-zaj viszony javítása. A zajcsökkentő struktúra bemutatásán túlmenően, a stabil működéshez szükséges inkohérens megvalósítás lehetőségeit is tárgyaljuk.

1. Bevezetés

Az információ továbbítás és az adatátviteli sebességek növelése iránt jelentkező fokozódó igény a fénytávközlő rendszerek műszaki paramétereivel szemben is egyre komolyabb követelményeket támaszt. A távközlési felhasználások mellett az optikai eszközök jelfeldolgozási célokra történő alkalmazása is azok működési jellemzőinek újabb és újabb javítását, állandó kutatását sürgeti. Az optikai összeköttetések adóelemeiként használt lézerdiódák vagy akár szilárdtestlézerek intenzitás zaj az egyik legfontosabb ilyen tényező, mely főként rövidtávú átvitel esetén a fotodetektor termikus zaját fölülmúlva, az eredő jel-zaj viszony és így az átviteli minőség legfontosabb meghatározója.

A relatív intenzitás zaj (Relative Intensity Noise – RIN) spektrum eloszlása nem egyenletes, hanem jelentősebb növekménnyel bír a lézer belső rezonáns működéséből adódó, úgynevezett relaxációs oszcillációs frekvencián. Ez az a sáv tehát, mely az összeköttetések szempontjából leginkább zavaró, különösen, hogy a széleskörűen használt lézerek, a lézerdiódák esetében, egybeesik a rádiófrekvenciás és mikrohullámú moduláló jelek tartományával. A új kihívásoknak megfelelő minőségi követelményeket kielégíteni kívánó optikai hálózatok esetén tehát, elengedhetetlen a RIN csökkentésének valamilyen megoldása.

A különböző módszerek áttekintése, illetve részletes tárgyalása előtt, érdemes röviden megemlíteni az intenzitás zaj kialakulásának lehetséges okait. Egyebek mellett a hőmérsékleti fluktuációk, a spontán emisszió és a szálba, illetve egyéb optikai eszközhöz való csatlakozás során fellépő optikai reflexiók az intenzitás zaj legjellemzőbb előidézői. Ez utóbbi jelenség, egy általánosan használt megoldást, optikai izolátor használatát sugallja. Ebben az esetben tehát, az irányfüggő elem alkalmazásával, a lézer kimenő jele kvázi akadálytalanul továbbítódik az üvegszálba, míg a káros reflexiók

csak jelentős, az izoláció által meghatározott, csillapítás után csatolódnak vissza a lézerekre, kevéssel járulva hozzá így az intenzitás zaj kialakulásához. Mint látható, az izolátor használata kecsegtető, azonban a más okból származó RIN csökkentésére alkalmatlan.

További javítási lehetőséget jelent a lézerdiódák és általában a lézerek ama tulajdonsága, hogy növekvő gerjesztés, jelen esetben nagyobb munkaponti áram, esetén a relaxációs oszcilláció frekvenciájának növekedésével a rezonancia, és ezáltal a zaj maximum értéke csökken. Az előfeszítést változtatva elérhető, hogy a zajnövekmény spektruma valamelyest kimozduljon az átviteli sávból és egyúttal csillapodjék is, azonban ez csak keskenysávú, és a zajcsökkenés nem mindig kielégítő értéke miatt kellően robusztus moduláló jel esetén járható út.

E módszer használata esetén további probléma, hogy a zajra történő optimalizálás miatt már nem változtathatjuk, illetve nem állíthatjuk be szabadon a lézerdióda munkaponti áramát és ezáltal a kimenő teljesítményét. Érthető, hogy így rugalmatlanná válhat rendszerünk és újabb hálózatelemek hozzáadása vagy kivétele esetén, nem szabályozhatjuk tetszőlegesen az összeköttetés mérete által indokolt kimenő optikai teljesítményt.

Az optikai vivő amplitudó fluktuációjának csökkentésére szilárdtestlézerek esetén ismert, széleskörűen használt megoldást jelent a kristály kimenő jelének optoelektronikai visszacsatolása [1,2]. Megfelelő szabályzó kör tervezésével az intenzitás zaj kiváló elnyomása érhető el ilyen módon a relaxációs oszcilláció frekvenciáján. Ez a megközelítés a szilárdtestlézerek keskenysávú, alacsonyfrekvenciás (<10MHz), erőteljes rezonanciát mutató intenzitás zajának leküzdésére jól használható, azonban a lézerdiódák az előbbi feltételeknek mindenben ellentmondó szélessávú, nagyfrekvenciás (>1GHz), lankás kiemeléssel jellemezhető zajnövekménye tervezését értelmetlenné teszi.

A lézerdiodák és a szilárdtestlézerek (Nd:YAG, Nd:YVO₄ stb.) esetében egyaránt jól alkalmazható zajcsökkentő megoldáshoz jutunk kiegyenlített Mach-Zehnder interferométer (Unbalanced Mach-Zehnder Interferometer – UMZI) használatával [3], mely az előbb említett megoldásokhoz képest új, egységes megközelítést jelent.

Az ebben a munkában bemutatott zajcsökkentő elgondolás kizárólag passzív optikai eszközöket használ, így az optikai jelfeldolgozás összes előnyével bír, vagyis érzéketlen az elektromágneses zavarokra (Electromagnetic Interference – EMI), nem igényel tápellátást, valamint a réz alapú elektronikus rendszerekkel összehasonlítva, megfelelő technológia esetén, kisebb méretekben és olcsóbb alapanyagból (SiO₂) valósítható meg.

E cikk felépítését tekintve a 2. fejezet az intenzitás zaj csökkentés szükségességének kvantitatív alátámasztását szolgálja. Az aszimmetrikus, (kiegyenlítettlen), tehát a beérkező jelet különböző úthosszokon késleltető interferométer mint zajcsökkentő optikai rendszer részletes bemutatását, a megvalósított zajcsökkentés mérési eredményeit, valamint a koherens és inkoherens működés összehasonlítását a 3. fejezetben találjuk.

2. Optikai összeköttetések zaja

PIN fotodetektort használó intenzitásmodulált optikai átvitel esetén az összeköttetés zajának három összetevője a sörétzaj, a vevő termikus zaja valamint a lézerradó relatív intenzitászaja [4]. A fotodetektor kimenetén, függetlennek tekinthető zajforrásokat feltételezve, a következő jel-zaj viszony írható fel [4]

$$\frac{S}{N} = \frac{I^2}{\sigma_s^2 + \sigma_i^2 + \sigma_R^2} \quad (1)$$

a számlálóban a fotodetektor hasznos áramának négyzete, míg a nevezőben a zajforrások áramának szórásnégyzete szerepel. A három zajkomponens szórásnégyzetének kifejezését (2)-(4) mutatja.

$$\sigma_s^2 = 2eB(I_p + I_d) \quad (2)$$

$$\sigma_i^2 = 4k_B T_0 B / R_L \quad (3)$$

$$\sigma_R^2 = \frac{\eta^2 e^2}{(hf)^2} (RIN)^2 P^2 B \quad (4)$$

A (2)-(4) képletekben e az elektron töltését, k_B a Boltzmann-állandót, B az optikai vevő sávszélességét, P az optikai adóteljesítményt, η a kvantumhatásfokot, h a Planck-állandót, I_p a fotoáramot, I_d pedig a sötétáramot jelenti. RIN a relatív intenzitászajnak az optikai vivőhöz képesti helyzetét adja. Látható, hogy mind a sörétzaj mind pedig az intenzitás zaj szintje függ a beérkező optikai teljesítmény értéké-

től, amíg a termikus zaj csak a vevő hőmérsékletének és lezáró ellenállásának függvénye.

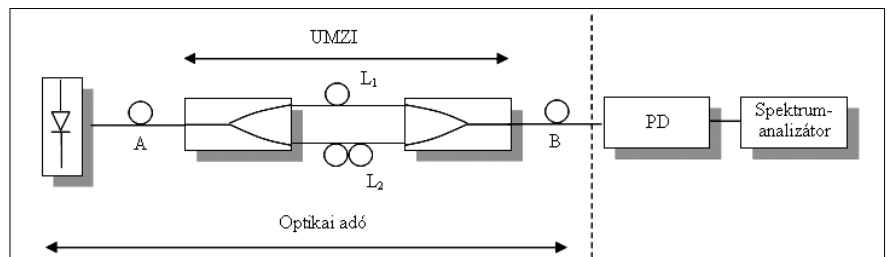
A mai, az 1550 nm-es hullámsávban működő optikai összeköttetések tipikus paramétereit a (2)-(4) összefüggésekbe helyettesítve, a FP (Fabry-Perot) lézerek jellemző -130, -150dB/Hz RIN értékeit alapul véve, a relatív intenzitás zaj akár több nagyságrenddel is fölülmúlhatja a termikus zaj hatását. Mivel azonban (4) értéke az átviteli hossz, így a beiktatási csillapítás növelésével csökken, bizonyos üvegszálahosszak és hálózatméretek fölött az intenzitás zajból származó komponens mégis a vevő termikus zaja alá süllyed és így hatása elhanyagolható lesz. Szembetűnő tehát, hogy a RIN szintje és az amplitúdó fluktuációt célzó zajcsökkentő eljárások leginkább a rövidebb szakaszokból álló optikai helyi hálózatok, optikai-mobil rendszerek, és optikai LMDS-ek (Local Multipoint Distribution System) esetében bír fontossággal. Az [5] irodalomban található számítások alapján körülbelül 30 km szakaszhoz egyértelműen a relatív intenzitás zaj az optikai összeköttetések meghatározó zajforrása.

Az eddigiekből kitűnik, hogy az optikai helyi és városi hálózatok átviteli minőségének további javítása, RIN-csökkentő eljárás használatával lehetséges.

3. Az interferométer zajcsökkentő alkalmazása

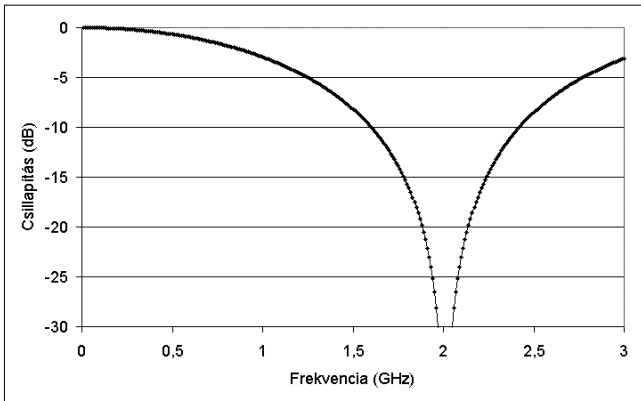
Az aszimmetrikus Mach-Zehnder interferométer (UMZI) mint intenzitás zaj csökkentő struktúra az 1. ábrán látható. A lézerrész kimenő jelét az utána kapcsolt iránycsatoló két részre osztja. A jel e két összetevője az interferométer ágaiban különböző késleltetést szenved, majd a kimeneten összeadódik. Az összegzés során a két, különbözőképpen késleltetett jel interferenciájának megfelelően periodikus leszívások és maximumok jelennek meg az átviteli függvényben. Ennek megfelelően, ha bizonyos frekvencián elnyomást akarunk megvalósítani, olyan úthosszkülönbséget kell beállítani, amely megtétele után az adott frekvenciájú összetevők ellenfázisba kerülnek, és a kimeneten kioltják egymást. Az általunk használt InGaAsP Multi-Quantum Well (MQW) FP lézerdioda az optikai vivőtől számított 2 GHz távolságra elhelyezkedő RIN kiemelésének elnyomásához tehát, 250 ps késleltetés különbséget kell az interferométeren beállítani. Ehhez, $n=1,5$ effektív törésmutatójú üvegszálas megvalósítás esetén, (5) segítségével határozhatjuk meg a szükséges úthosszkülönbséget [6].

1. ábra



$$\tau = T_2 - T_1 = \frac{n}{c}(L_2 - L_1) = \frac{1}{FSR} \Rightarrow \Delta L = \frac{c}{n} \cdot 250 \text{ ps} = 5 \text{ cm} \quad (5)$$

n az üvegszál effektív törésmutatója, c a fénysebesség, L_1, L_2 és T_1, T_2 az UMZI két ágának hossza illetve késleltetése. A késleltetés különbség ismeretében számítható az úgynevezett szabad spektrális tartomány (Free Spectral Range, FSR) mely az átvitel periodikus leszívásainak távolságát jelöli. (5) alapján 5 cm-es úthosszkülönbség megvalósításával az interferométer 2 GHz-en jelentős csillapítással rendelkezik. Az így meghatározott Mach-Zehnder interferométer átviteli függvényét a 2. ábra mutatja.



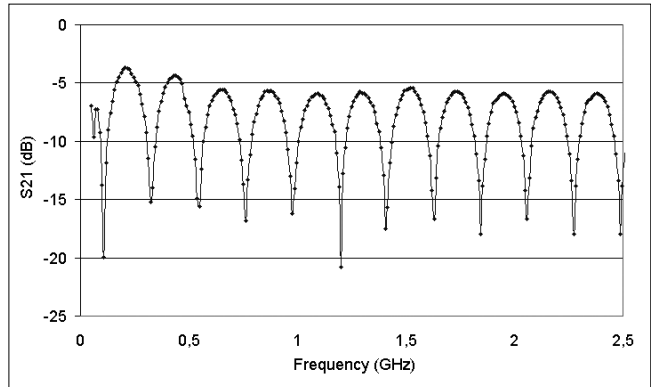
2. ábra
5 cm úthosszkülönbségű UMZI átviteli függvénye. FSR=4 GHz.

Mivel a kísérletben részt vett FP lézer vonalszélessége, $\Delta\nu=100$ MHz (6) alapján számítható 3 ns koherencia idő az interferométer 5 cm-es úthosszkülönbségéhez tartozó 250 ps-os τ idejénél hosszabb, az elgondolt UMZI koherens tartományban működik.

$$\tau_c = \frac{1}{\pi\Delta\nu} \quad (6)$$

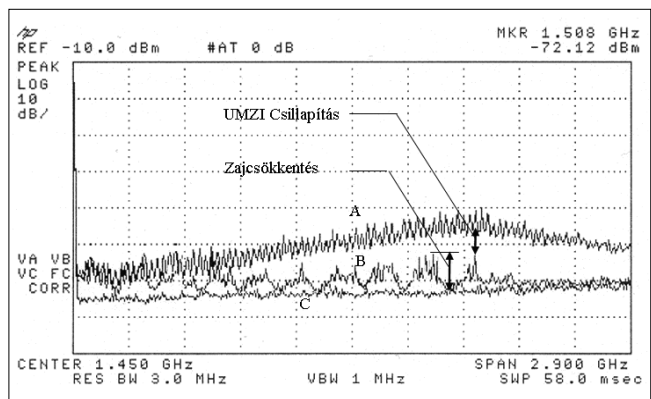
Koherens működés során az interferométer kimenetén nem a kívánt, intenzitás alapú összegzés történik, hanem az interferencia alapja a szálban terjedő térorösség [7]. Másképpen fogalmazva, amíg az interferométer az inkoherens tartományban az optikai intenzitásra nézve lineáris hálózatnak tekinthető, és az interferencia csak az intenzitásmodulációval létrehozott burkolót befolyásolja, addig koherens esetben maga az optikai vivő is az interferencia áldozatául eshet [8].

Koherens módban, vagyis ha a szűrőként viselkedő interferométer úthosszkülönbsége kisebb a lézer koherenciahosszánaál ($\tau < \tau_c$), az átviteli függvény rendkívül érzékeny és instabillá válik, hiszen a vivőt is érintő interferencia miatt a kimenő jel véletlenszerűen tűnik el vagy jelenik meg. Mivel tehát nagyon rövid úthosszkülönbségek esetén, a koherens tartományban, csak nehézkesen, az optikai fázis állandó felügyeletével, a rendszer hőszabályozásával és a lézerforrás munkapontjának nagy pontosságú beállításával lehet kielégítő működést elérni, hosszabb úthosszkülönbséget és kisebb FSR-t választva az inkoherens tartományban kell a zajcsökkentést megvalósítani.



3. ábra
200 MHz szabad spektrális tartományú aszimmetrikus Mach-Zehnder interferométer átviteli függvénye, az 1. ábra A és B pontja között mérve. Az interferométer mintegy 6 dB-es csillapítással rendelkezik, mely az optikai szál és optikai csatlakozók beiktatási csillapításának következménye. A leszívási frekvenciákon 15-20 dB-es zajcsökkentés lehetséges.

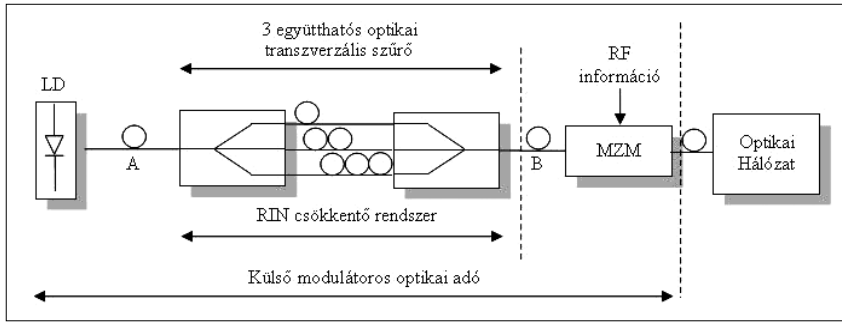
Ennek első lépéseként tekintsük a 3. ábrát, ahol egy 200 MHz szabad spektrális tartományú szál alapú interferométer átviteli függvényének mért görbét láthatjuk. FSR = 200 MHz (5) értelmében $\Delta L = 1$ m-t jelent, vagyis a $\tau > \tau_c$ inkoherens viselkedés biztosított. Az ezzel a struktúrával elért zajcsökkentést a 4. ábra mutatja.



4. ábra
Az 1. ábrán bemutatott rendszer segítségével megvalósított zajcsökkentés.
A) vizsgált Fabry-Perot lézer relatív intenzitásaja 2GHz-en
B) interferométer segítségével megvalósított zajcsökkentés
C) a mérőrendszer zajszintje.
Mérési körülmények:
ResBW=3MHz, No Video Averaging, Input Attenuation=0dB.

Az 1 m-es szálhosszbeli különbségnek köszönhetően periodikusan több helyen is 8-9 dB-es leszívás keletkezik a zajspektrumban, azonban ezek sáv szélessége túl kicsi ahhoz, hogy érezhető javulást érhessünk el. A zaj elnyomását ki kell tehát terjesztenünk szélesebb tartományokra, ami interferométerünk átalakítását igényli. Az UMZI két karja mellé újabb, különböző hosszúságú ágakat illetve optikailag megvalósított, diszkrét idejű, analóg transzverzális szűrőhöz jutunk (5. ábra).

A szűrő késleltetéseinek változtatásán túlmenően az egyenes osztatású bemeneti és kimeneti iránycsatlók helyett aszimmetrikus eszközöket használva, a transz-



5. ábra
Háromágú optikai transzverzális szűrő lézerciódák intenzitásajának csökkentésére. A zajcsökkentő rendszeren való áthaladás után a kívánt információ külső modulátor segítségével modulálható az optikai vivőre, majd az optikai hálózat felé továbbítható.

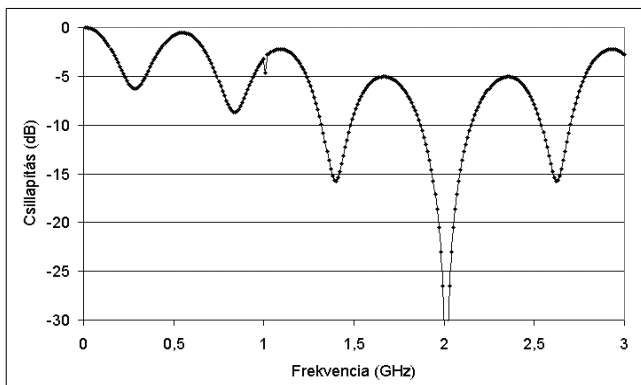
verzális szűrő együtthatói is szabad tervezési paraméterekké válnak. Vigyáznunk kell azonban, hogy a szakaszkülönbségek a lézer koherencia hosszánál mindig nagyobbak legyenek és így az inkoherens működés feltételei kielégülhessenek. Mivel inkoherens esetben az optikai vivő a kimeneti interferencia miatt nem tűnhet el, csak pozitív együtthatójú szűrőt tudunk megvalósítani, vagyis struktúránk mindig aluláteresztő jellegű lesz. Ez a látszólagos megszorítás előnyös, hiszen így biztosított, hogy a zajcsökkentés során az optikai vivőt nem, csak a káros intenzitásait befolyásoljuk.

Példánkra visszatérve, ahhoz, hogy a 2 GHz-es tartományban megfelelő sáv szélességű elnyomást kapjunk, 1 m-nél rövidebb de még a koherenciahossznál nagyobb késleltetés különbséget kell beállítani. Több különböző, keskeny FSR kombinálásával kell tehát helyettesítenünk egy nagyobb, példánkban 4 GHz-es, szabad spektrális tartományú koherens interferométert. E szempontok figyelembevételével némiképp más tervezési megfontolásokhoz jutunk, mint az egyéb [8] optikai-mikrohullámú szűrők esetében.

Kétkarú, aszimmetrikus interferométer tervezésekor, az f_0 leszívási frekvenciák tervezéséhez a következő jól ismert [7] összefüggést használhatjuk:

$$f_0 = (2k + 1) \frac{c}{2n_{eff} \Delta L} = \frac{2k + 1}{2\Delta T} \quad (7)$$

(7) értelmében a 2 GHz-en megjelenő RIN csökkentése a koherens tartományban 4 GHz szabad spektrális tartományt vagyis 250 ps ($k=0$) időkülönbséget igényelne.



6. ábra
Három együtthatós, inkoherens optikai-mikrohullámú szűrő (5. ábra) átviteli függvénye. A késleltetési időkülönbségek a legrövidebb úthoz képest: 3,25 ns, illetve 5 ns. Koherenciahossz: 3 ns.

Inkoherens működésre törekedve, ha k értékét 11-re állítjuk és továbbra is ragaszkodunk ahhoz, hogy a periodikus leszívások valamelyike 2 GHz-re essék, 5750 ps-os késleltetés különbséget állíthatunk be.

A 3 ns-os koherencia időnél nagyobb ΔT értékeket alkalmazva, a 6. és 7. ábrákon bemutatott átviteli függvények valósíthatók meg.

A 6. ábra átviteli függvényével a 8. ábra számított zajcsökkentése érhető el.

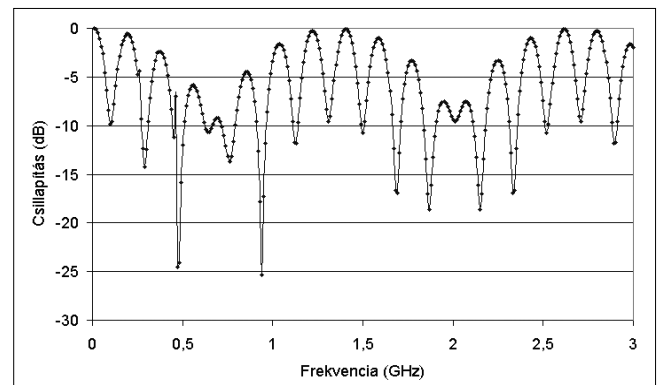
A három vonalból álló, inkoherens transzverzális szűrővel 2 GHz körül 400MHz szélességű, mintegy 10 dB-es elnyomási sáv látható.

4. Összegzés

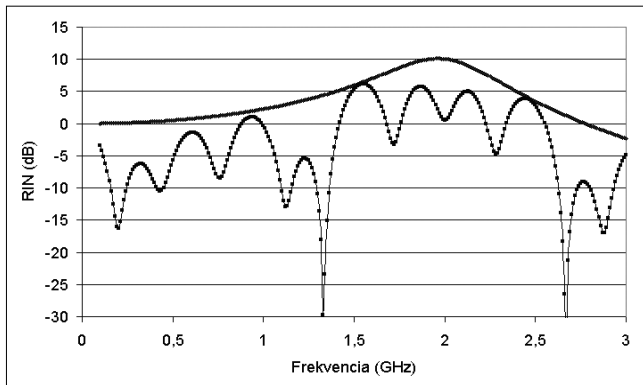
Munkánk során kizárólag passzív, optikai (all-optical) megoldást javasoltunk optikai helyi hálózatok relatív intenzitásajának elnyomására. Megvizsgáltuk és bemutattuk az aszimmetrikus Mach-Zehnder interferométerrel elérhető zajcsökkentést. A csillapítási sáv kiszélesítésére valamint a stabil inkoherens működés biztosítására a hagyományos szűrőtervezési megfontolásoktól eltérő újszerű megfontolásokat vezettünk be.

Eredményeink jól illeszkednek a csak optikai eszközöket használó, az elektronikus jelfeldolgozó elemeket nélkülöző, üvegszálak rendszerek jövőbeli koncepciójába.

Kutatásaink további céljai a lézer fáziszaj hatásainak vizsgálata, valamint az integrált optikai megvalósítás lehetőségeinek ellenőrzése.



7. ábra
Optikai-mikrohullámú transzverzális szűrő átviteli függvénye. A késleltetési időkülönbségek a legrövidebb úthoz képest: 5,75 ns, illetve 5 ns. Koherenciahossz: 3 ns.



8. ábra

A 6. ábrán látható átviteli függvény segítségével számított zajcsökkentés. Felső görbe: a Fabry-Perot lézer relatív intenzitásának számítása, alsó görbe: három együtthatós zajcsökkentő struktúra segítségével megvalósítható zajcsökkentés. Látható, hogy a RIN maximum környékén 10 dB-es elnyomás érhető el.

Köszönetnyilvánítás

A szerző ezúton is köszönetét fejezi ki az OTKA (No. T042557) valamint a Gandalf IST-1-507781-STP kutatási programoknak.

Irodalom

- [1] T. J. Kane, „Intensity Noise in Diode-Pumped Single-Frequency Nd:YAG Lasers and its Control by Electronic Feedback”, IEEE Photon. Techn. Letters, Vol. 2, No.4, 1990.
- [2] M. Csörnyei, T. Berceli, P. R. Herczfeld, “Noise suppression of Nd:YVO4 solid-state lasers for telecommunication applications”, J. Lightwave Techn., Vol. 21, No.12, 2003. pp.2983–88.
- [3] M. Csörnyei, T. Berceli, T. Marozsák, “All-optical intensity noise suppression of solid-state lasers for optical generation of microwaves”, XV. International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications – MIKON-2004, Varsó, pp.781–784, 2004. május.
- [4] Frigyes I., „Hírközlő rendszerek”, Műegyetemi Kiadó, 1998.
- [5] Marozsák T. „Félvezető lézerek alkalmazása és modellezése segédvívós optikai rendszerekben”, Doktori értekezés, BME, 2004.
- [6] B. Cabon, V. Girod, G. Maury, “Optical generation of microwave functions”, Proc. OMW 2000 Summer School, Autrans, France
- [7] A. Hilt, „Basics of microwave network analysis of optical circuits”, Optical/Wireless Workshop in the framework of the European MOIKIT project, Budapest, 2001. márc.
- [8] J. Capmany, “Fiber-Optic Filters for RF Signal Processing”, Proc. OMW 2000, Autrans, France, 2000. Sept.

Hírek

Ma 2,7 millióan interneteznek Magyarországon. Az informatikai tárca célja, hogy 2006 végére ez a szám 2 millióval gyarapodjon – közölte Kovács Kálmán informatikai és hírközlési miniszter a Távközlési és Informatikai Kerekasztal ülése után. Az ülésen az iparág szakértői egyetértettek abban, hogy reális cél a szélessávú internettarifák évi 15-20 százalékos csökkentése.

A T-Mobile Magyarország Rt. vezérigazgatója és az **Ericsson Magyarország** vezérigazgatója a T-Mobile 3G (UMTS) hálózatának kiépítésére vonatkozó szerződést írt alá. A megállapodás értelmében az Ericsson rádió-hozzáférési hálózatot és maghálózati rendszereket szállít, beleértve a hálózat telepítését és egyéb ezzel kapcsolatos szolgáltatásokat is.

A harmadik generációs mobiltelefon-hálózat első szakaszának megépítéséről szóló szerződést kötött a **Pannon GSM Rt.** és az **Ericsson Magyarország**, ezen belül az UMTS-rendszerű mobiltávközlési rendszer alapinfrastruktúrájának szállításáról. A cégek együttműködésének eredményeképpen Budapesten az év második felében, az ország más területein az év végén, jövő év elején élvezhetik a 3G hálózat szolgáltatásainak előnyeit.

A mobil navigációban jártas svéd **Wayfinder Systems** 2004. december 6-án indította el hazánkban az Európa-szerte már ismert navigációs szolgáltatását. Ennek használatához egy kompatibilis mobiltelefonra, valamint egy vevőre van szükség. A navigációs szoftver futtatását az érintőképernyő használatával a készüléken a Symbian alapú operációs rendszer UIQ verziója biztosítja, amely a magyar piacon is kapható. A jövő év első negyedében várható a Java-s változat bevezetése is, így ekkorra lényegesen kibővül a kompatibilis készülékek köre.

A Wayfinder digitális navigációs térképei bárki számára hozzáférhetőek. A térképek könnyedén kicsinyíthetők és nagyíthatók, az útvonalról való letérésre hangutasítás figyelmeztet, majd az utat – ha szükséges – a rendszer automatikusan újratervezi. A vevő kis mérete nem csak autóban, de motoron, sőt külföldön turistaként akár gyalogosan is kényelmesen használható. A rendszer elvezet a legközelebbi benzinkúthoz, étteremhez, kórházhoz, sőt a térképről kiválasztott pontok bármelyikét egy gombnyomással fel is hívhatjuk, így a hozzánk legközelebb lévő szálláshely lefoglalása is csak egy pillanatig tart.

A termékhez a teljes Magyarországot tartalmazó adatbázist a Top Map Kft., a nyugat-európai adatbázist a Tele Atlas cég biztosítja.