

# NADGRADNJA TELEVIZIJSKEGA KANALNEGA PRETVORNIKA IN MOŽNOSTI UPORABE V DIGITALNEM TELEVIZIJSKEM OMREŽJU

Andrej Kosi, Mitja Solar

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko,  
Maribor, Slovenija

**Ključne besede:** televizijski kanalni pretvornik, analogna prizemeljska televizija, digitalna prizemeljska televizija, propagacijski modeli, zaznava televizijskega signala.

**Izleček:** Prehod oddajanja analognega prizemeljskega televizijskega signala v oddajanje digitalnega televizijskega signala poteka v večini evropskih držav in tudi v državah izven evropske unije. V prvi fazi izgradnje oddajniškega omrežja se običajno postavijo oddajniki z večjo oddajno močjo, ki pokrijejo s televizijskim signalom večji del prebivalstva. V naslednji fazi sledi pokrivanje s signalom na območjih, ki zaradi oddaljenosti, naravnih ali umetnih ovir še niso zadovoljivo pokrita s signalom. Pri analognih televizijskih omrežjih se v takšnih primerih običajno uporabljajo kanalni pretvorniki. Analogna televizijska omrežja so v osnovi večfrekvenčna. To pomeni, da so oddajniki in kanalni pretvorniki na različnih frekvenčnih kanalih. Digitalna televizijska omrežja so lahko večfrekvenčna, enofrekvenčna ali kombinacija obeh. Oddajanje sosednjih oddajnikov na enaki frekvenci omogoča tehnologija ortogonalnega frekvenčnega multipleksiranja (OFDM - Orthogonal Frequency-Division Multiplexing). Zaradi uporabe OFDM so tehnične zahteve za kanalni pretvornik za digitalno televizijsko omrežje drugačne kot za analogno. Spremembe so na lokalnem oscilatorju, detekcijskih vezjih, frekvenčnem pretvorniku navzdol, frekvenčnem pretvorniku navzgor in ostalih sklopov.

V prispevku je predstavljen nadgrajeni televizijski kanalni pretvornik z možnostjo delovanja v analognem in digitalnem načinu delovanja. Uporaba takšnega kanalnega pretvornika je zato še posebej zanimiva na območjih, kjer se bo analogna televizija uporabljala še dlje časa. V primeru prehoda na digitalno oddajanje bo kanalni pretvornik prešel avtomatsko v digitalni način delovanja. Nov način prenosa televizijskega signala OFDM prinaša tudi nove možnosti in izvedbe televizijskih kanalnih pretvornikov. Glede na način uporabe lahko ločimo kanalne pretvornike za večkanalno omrežje (MFN - multi frequency network) ali enokanalno omrežje (SFN - single frequency network). V MFN omrežju lahko uporabimo regenerativne in klasične kanalne pretvornike. V SFN omrežju pa se uporabljajo enostavni ojačevalniki signala, klasični kanalni pretvornik z enako sprejemno in oddajno frekvenco in enokanalni pretvorniki z izničevanjem odbojev. Izbira je odvisna od več faktorjev in glede na posamezne zahteve in omejitve za vsak primer izberemo najbolj primerno rešitev. Če naštejemo le nekaj faktorjev, kot so nivo in kvaliteta sprejetega signala, velikost območja pokrivanja, konfiguracije terena, razpoložljivosti frekvenčnega spektra, ciljna cena in ostale specifične pogoje. S pomočjo propagacijskih modelov in ostalih izračunov za pokrivanje terena s signalom bomo na praktičnih primerih predstavili omejitve in prednosti kanalnega pretvornika.

## Upgrade of Television Channel Translator and Possibility of Usage in Digital Television Network

**Key words:** television channel translator, analog terrestrial television, digital terrestrial television, propagation models, television signal detection

**Abstract:** Transition from analog terrestrial television to digital television signal transmission is in progress in many countries. Usually in first phase of transition transmitting points with higher RF (radio frequency) output power are set. In this way most of the population and area is covered with digital signal quickly and efficient. Covering areas too far away from main transmitting point or covered with obstacles (natural or artificial) is done in next phase. For covering such areas in analog television translators are used. Analog television network are multi frequency networks (MFN). This means that neighbor transmitting cells are using different frequencies. Digital terrestrial television (DVB-T/H Digital Video Broadcasting - Terrestrial/Handheld) are single frequency networks (SFN), multi frequency network (MFN) or combination of both. Usage of OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) is allowing transmission of digital television signal for two or more neighbor transmitters on same frequency. Demands for translator used in digital terrestrial television signal are stricter as for analog television. For this reason most current analog translators are not usable for digital television, especially older ones. Changes are depending on current analog translator performance, but in most cases local oscillator, frequency up and down converter, detection circuits and other must be improved.

In article upgrade of television translator and advantages of such solution over other concepts is presented. Presented translator is capable operating in analog or digital television broadcasting network. Depending on monitored input signal, working mode is automatically changed. Because of that usage of presented translator is also very attractive in areas where analog television is still used. When main analog transmitters are replaced with digital transmitters presented translator will work forward in digital transmission mode. Digital transmission brings some new possibilities to fill uncovered areas or holes in coverage. In case of MFN network usually traditional translator concept or regenerative translator is used. In case of SFN network traditional translator concept (with same input and output frequency), on channel repeater (echo canceller) or simple amplifier (limited to very small area, usually buildings) is used. Choice depends on many factors. For example input signal level, quality of received input signal, wanted coverage area, available frequencies, price and other specific demands. Advantages and possible limits of presented channel translator are shown with usage of propagation models and calculations for coverage. There are many advantages of proposed translator as lower cost against other solutions, usage in analog or digital television network (MFN and SFN), automatic change of working mode, reliability and robustness.

## 1 Uvod

Prehod oddajanja analognega televizijskega signala na tako imenovani digitalni televizijski signal prinaša nove zahteve za televizijske kanalne pretvornike. Nov način prenosa televizijskega signala ortogonalno frekvenčno multipleksiranje (OFDM - Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) prinaša tudi nove možnosti in izvedbe televizijskih kanalnih pretvornikov, ki pri analognih kanalnih pretvornikih niso bili možni. Novost so tako imenovana enofrekvenčna omrežja (single frequency network). Tako se glede na tip uporabljenega omrežja najbolj pogosto uporabljajo naslednji modeli kanalnih pretvornikov /1, 2, 3/.

MFN omrežje:

- klasični kanalni pretvornik (uporaba medfrekvence)
- regenerativni pretvornik

SFN omrežje:

- ojačevalnik signala (samo vhodni filter in ojačevalnik)
- klasični kanalni pretvornik z enako sprejemno in oddajno frekvenco (enokanalni pretvornik)
- enokanalni pretvornik z izločevanjem odbojev (echo canceller)

V MFN omrežju je možno uporabiti klasični pristop pretvorbe vhodnega signala na medfrekvenco, filtriranje in oddajanje na drugi izhodni frekvenci oziroma kanalu. Ker pri pretvorbi pride do manjše degradacije koristnega signala je zaporedno veriženje več pretvornikov številčno omejeno. Enak koncept je možno uporabiti tudi v primeru SFN omrežja. Vendar je pri SFN omrežju potrebno upoštevati omejitve, ki jo predstavlja izolacija med sprejemno in oddajno anteno, saj oddajamo signal na enaki frekvenci kot ga sprejemamo. S tem pogojem je omejena tudi največja oddajna moč kanalnega pretvornika.

Drugi pristop je regenerativni pretvornik, kjer vhodni signal najprej demoduliramo in ga potem ponovno moduliramo. V tem primeru ni degradacije kvalitete koristnega signala in veriženje pretvornikov ni omejeno. Zaradi časa procesiranja pristop ni uporaben v SFN omrežju, saj je čas procesiranja daljši od zaščitnega intervala znotraj katerega mora biti simbol ponovno oddan v eter.

Prva rešitev ki je omejena samo na SFN omrežje je uporaba ojačevalnikov signala. Prednost take rešitve je cenovna ugodnost in enostavna uporaba. Praktično pa je rešitev omejena s kvaliteto oddajnega signala in izolacijo med antenama na pokrivanje manjših področij, kot so na primer stavbe (sprejemna antena zunaj stavbe, oddajna znotraj stavbe). Druga rešitev, ki je prav tako omejena na uporabo v SFN omrežju je pristop s pomočjo izničitvenja odbojev. Ta pristop omogoča višjo oddajno moč oziroma omogoča manjšo izolacijo med sprejemno in oddajno anteno v primerjavi s klasičnim kanalnim pretvornikom.

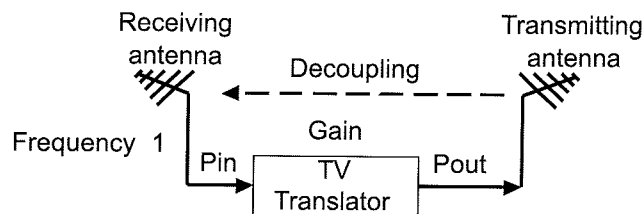
Ovisno od tehničnih pogojev, fizičnih omejitev in cene se izbere najbolj primerna metoda za posamezen primer. Ker

imamo v podjetju že razvite produkte regenerativnega pretvornika in pretvornika z izničitvenjem odbojev je bil naslednji korak dopolnitev ponudbe s klasičnim kanalnim pretvornikom /4/. Klasični kanalni pretvornik je zelo zanimiv predvsem zaradi ugodne cene, zanesljivosti, robustnosti in možnosti uporabe v različnih situacijah. Tako ga je možno uporabiti v vseh kombinacijah (v analognem in v obeh konceptih digitalnega omrežja).

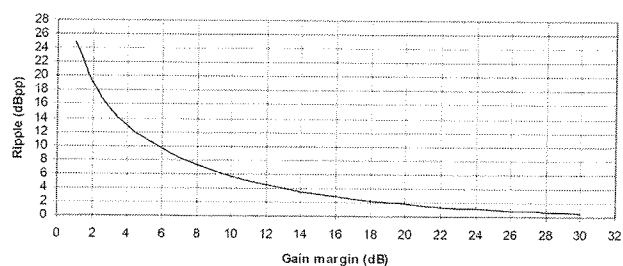
## 2 Možnosti uporabe nadgrajenega kanalnega pretvornika

### 2.1 SFN omrežje

Na sliki 1 je prikazan primer uporabe kanalnega pretvornika v SFN omrežju. Če je kanalni pretvornik uporabljen v SFN omrežju, kot enokanalni pretvornik je treba upoštevati, da je največja izhodna moč pretvornika omejena z izolacijo med sprejemno in oddajno anteno /5/. Minimalno razliko, ki jo moramo zagotoviti imenujemo varnostna rezerva ojačanja (gain margin). Na sliki 2 je vidna povezava med varnostno rezervo ojačanja in nihanjem v izhodnem OFDM spektru.



Slika 1: Uporaba kanalnega pretvornika v SFN omrežju.



Slika 2: Povezava med varnostno rezervo ojačanja in nihanjem v izhodnem spektru.

Na naslednjem primeru si bomo ogledali relacije med vhodnim signalom, izolacijo med antenami in največjo dovoljeno izhodno močjo. Za hipotetičen antenski sistem imamo podane naslednje vrednosti:

Izolacija med antenami (isolation between antennas): 80 dB

Varnostna rezerva ojačanja (gain margin): 10 dB

Izgube zaradi kablov na oddajni anteni (antenna cable loss): 2 dB

Ojačenje antenskega sistema (transmitting antenna gain): 12 dB

Nivo vhodnega signala (input signal level): -40 dBm

Največje ojačenje kanalnega pretvornika: (80-10) dB = 70 dB

Največja oddajna moč kanalnega pretvornika: -40 dBm + 70 dB = 30 dBm (1 W)

ERP (Effective Radiated Power): 30 dBm -2 dB+12 dB= **40 dBm** (10 W)

Varnostna rezerva ojačenja zagotavlja stabilno delovanje kanalnega pretvornika. Dokler je razlika (izolacija med antenama – ojačenje kanalnega pretvornika) večja od varnostne rezerve, je nihanje (ang. ripple) v izhodnem OFDM spektru še sprejemljivo. V primeru, da ta pogoj ni izpolnjen in je razlika manjša ali negativna, se to odraža na izhodnem OFDM spektru kot preveliko nihanje. Kar lahko privede do nestabilnega delovanja oziroma oscilacij. Za dani primer vidimo, da je zgornja vrednost oddajne moči kanalnega pretvornika omejena na 30 dBm. Največja oddajna moč je neposredno odvisna od izolacije med antenama. Če želimo povečati oddajno moč je potrebno povečati izolacijo med antenama. V praksi je možno v nekaterih primerih doseči izolacije tudi do 100 dB (običajno pa se vrednosti gibljejo med 75 do 85 dB). Če izolacije ni možno povečati in kljub temu rabimo večjo oddajno moč lahko kanalni pretvornik uporabimo, kot kanalni pretvornik z različno izhodno frekvenco (MFN). Druga možnost pa je uporaba enofrekvenčnega pretvornika z izločevanjem odbojev, kjer imamo lahko od 10 do 15 dB večjo izhodno moč kot pri pristopu s klasičnem kanalnim pretvornikom.

## 2.2 Teoretični izračuni pokritosti s signalom

Za lažjo predstavo, kakšno področje lahko pokrijemo z določeno oddajno močjo, si bomo pogledali še teoretični izračun za pokrivanje s signalom. Sam izračun je odvisen od mnogo parametrov, zato bomo izbrali parametre, ki se uporabljajo v Sloveniji oziroma v sosednjih državah. Najprej določimo potrebno razmerje med močjo nosilca signala in šumom (C/N carrier to noise ratio) za zadovoljiv sprejem signala. Zadovoljiv sprejem predstavlja pojavljanje bitne napake (Bit Error Rate - BER) z vrednostjo manjšo od  $2 \times 10^{-4}$ . Za različne oddajne parametre lahko podatke razberemo iz slike 3 oziroma iz tabel zapisanih v ETSI standardih /6/. Za parametre oddajanja, ki jih uporabljamo v Sloveniji (kanal 8 MHz, modulacija 64QAM, kodno razmerje 2/3) za digitalno oddajanje in ob predpostavki Ricean kanala je vrednost C/N enaka 17,1. Podatke za Ricean kanal uporabimo v primeru strešne antene, kjer je sprejem signala možen neposredno od oddajnika (pretvornika) in

Modulation	Code rate	Required CIN for BER = $2 \times 10^{-4}$ after Viterbi QEP after Reed-Solomon			Bitrate (Mbit/s)			
		Gaussian channel	Ricean channel (F)	Rayleigh channel (P)	$\Delta T_{U} = 1/4$	$\Delta T_{U} = 1/8$	$\Delta T_{U} = 1/16$	$\Delta T_{U} = 1/32$
QPSK	1/2	3.1	3.6	5.4	4.98	5.53	5.85	6.03
QPSK	2/3	4.9	5.7	8.4	6.64	7.37	7.81	8.04
QPSK	3/4	5.9	6.8	10.7	7.46	8.29	8.78	9.05
QPSK	5/6	6.9	8.0	13.1	8.29	9.22	9.76	10.05
QPSK	7/8	7.7	8.7	16.3	8.71	9.68	10.25	10.56
16-QAM	1/2	8.8	9.6	11.2	9.95	11.06	11.71	12.06
16-QAM	2/3	11.1	11.6	14.2	13.27	14.75	15.61	16.09
16-QAM	3/4	12.5	13.0	16.7	14.93	16.59	17.56	18.10
16-QAM	5/6	13.5	14.4	19.3	16.59	18.43	19.52	20.11
16-QAM	7/8	13.9	15.0	22.8	17.42	19.35	20.49	21.11
64-QAM	1/2	14.4	14.7	16.0	14.93	16.59	17.56	18.10
64-QAM	2/3	16.5	17.1	19.3	17.91	22.12	23.42	24.13
64-QAM	3/4	18.0	18.6	21.7	22.39	24.88	26.35	27.14
64-QAM	5/6	19.3	20.0	25.3	24.88	27.65	29.27	30.16
64-QAM	7/8	20.1	21.0	27.9	26.15	29.03	30.74	31.67

Slika 3: Razmerje C/N podano za različne oddajne parametre.

posredno preko odbojev signala. Iz slike 4 oziroma ETSI tehničnega poročila lahko razberemo, da je za takšno razmerje C/N in 70% lokacijsko verjetnost (location probability) pokrivanja potrebna poljska jakost  $E_{med} = 48 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$  (za 95% lokacijsko verjetnost pa  $54 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$ ) /7/. Če vzamemo za primerjavo sosednjo Avstrijo (modulacija 16QAM in kodno razmerje 3/4) je potrebno razmerje C/N=13,0 (oziroma  $E_{med} = 44 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$ ).

Frequency Minimum C/N required by system	f (MHz)	800				
		2	8	14	20	26
Min. receiver signal input power	$P_{s, min}$ (dBW)	-126,2	-120,2	-114,2	-108,2	-102,2
Min. equivalent receiver input voltage, 75 $\Omega$	$U_{s, min}$ (dB $\mu$ V)	13	19	25	31	37
Feeder loss	$L_f$ (dB)	5				
Antenna gain relative to half wave dipole	$G_a$ (dB)	12				
Effective antenna aperture	$A_e$ (dBm <sup>2</sup> )	-5,4				
Min power flux density at receiving place	$\phi_{min}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-115,9	-109,9	-103,9	-97,9	-91,9
Min equivalent field strength at receiving place	$E_{min}$ (dB $\mu$ V/m)	30	36	42	48	54
Allowance for man made noise	$P_{T, min}$ (dB)	0				
Location probability: 70 %						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	2,9				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	$\phi_{med}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-113	-107	-101	-95	-89
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	$E_{med}$ (dB $\mu$ V/m)	33	39	45	51	57
Location probability: 95 %						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	9				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	$\phi_{med}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-103,9	-100,9	-94,9	-88,9	-82,9
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	$E_{med}$ (dB $\mu$ V/m)	39	45	51	57	63

Slika 4: Poljska jakost  $E_{med}$  glede na zahtevano razmerje C/N.

Sedaj, ko poznamo minimalno poljsko jakost za zadovoljivo pokrivanje s signalom lahko izračunamo oddajna moč potrebno za pokrivanje določenega terena. Iz naslednjih enačb bomo dobili povezavo med poljsko jakostjo, oddajno močjo in propagacijskimi izgubami /8/

$$P_r = \left( \frac{\lambda}{4\pi} \right)^2 \frac{E^2}{30} = \left( \frac{c}{4\pi * f_{Hz}} \right)^2 \frac{E^2}{30} \quad (\text{v W EIRP}).$$

Enačba v logaritemski obliki in s frekvenco podano v MHz je sledeča

$$P_r = E - 20 \log f + 12,782 \quad (\text{v dBW EIRP}).$$

Sprejeto moč  $P_r$  lahko izrazimo, kot oddano moč  $P_t$  zmanjšano za izgube razširjanja  $L_p$

$$P_r = P_t - L_p$$

Ob upoštevanju zgornjih enačb dobimo naslednjo enačbo.

$$E(\text{dBV}/\text{m}) = P_t + 20 \log f - 12,782 - L_p$$

$$E(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}) = P_t + 20 \log f + 107,218 - L_p$$

Ker za naš hipotetični sistem že poznamo vrednost za poljsko jakost in največjo oddajno moč pretvornika lahko izračunamo področje pokrivanja s signalom, če upoštevamo izgube razširjanja valov. Pri oddajni moči je potrebno upoštevati, da je moč v formuli podana za izotropni vir EIRP (effective isotropically radiated power). Pri izračunu oddajne moči pretvornika pa imamo vrednost podano v ERP. Vrednosti EIRP, zato prištejemo 2,2 dB. Za obe vrednosti poljske jakosti izračunamo kolikšna je dovoljena izguba razširjanja za zagotavljanje zelene poljske jakosti.

$$L_p(\text{za } 48 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}) = 10 + 2,2 + 20 \log 800 + 107,218 - E - E = 177,48 - E = 177,48 - 48 = 129,48 \text{ dB}$$

$$L_p(\text{za } 54 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}) = 177,48 - E = 177,48 - 54 = 123,48 \text{ dB}$$

Sedaj nas zanima kakšno področje lahko pokrijemo s signalom. Pri izračunu pokrivanja s signalom je potrebno upoštevati več parametrov, kot so na primer: višina oddajnega stolpa, višina sprejemne antene, oddajne frekvence in seveda same konfiguracije terena. Trenutno poznamo veliko različnih modelov in pristopov za določanje pokrivanja oziroma določitev razširjanja signala. Razdelimo jih lahko v tri skupine empirične, deterministične in semi-deterministične. Empirični bazirajo na predhodnih meritvah in statističnih zakonitostih. Deterministični modeli rabijo mnogo vhodnih geometrijskih podatkov in se izračunavajo za vsak primer posebej. Semi-deterministični modeli pa bazirajo na kombiniranju empiričnih in deterministične modelov /9/. Med empiričnimi modeli je pogosto uporabljen Okumura-Hata model /10/. Model oziroma izračuni temeljijo na meritvah pridobljenih v mestu in v okolici Tokia na Japonskem. Izračun propagacijskih izgub in korekcijski faktorji za različna okolja so naslednji:

$$L_{AB}(\text{Urban}) = A + B \log_{10} R - E \quad (\text{za mestna območja})$$

$$L_{AB}(\text{Suburban}) = L_{AB}(\text{Urban}) - C \quad (\text{za primestna območja})$$

$$L_{AB}(\text{Open}) = L_{AB}(\text{Urban}) - D \quad (\text{za odprta območja})$$

$$A = 69,55 + 26,16 \log_{10} f_c - 13,82 \log_{10} h_b$$

$$B = 49,9 - 6,55 \log_{10} h_b$$

$$C = 2(\log_{10}(f_c/28))^2 + 5,4$$

$$D = 4,78(\log_{10} f_c)^2 - 18,33 \log_{10} f_c + 40,94$$

$$E = 3,2(\log_{10}(11,7554 h_m))^2 - 4,97 \quad \text{za velika mesta}$$

$$E = (1,1 \log_{10} f_c - 0,7)h_m - (1,56 \log_{10} f_c - 0,8) \quad \text{za srednje velika mesta}$$

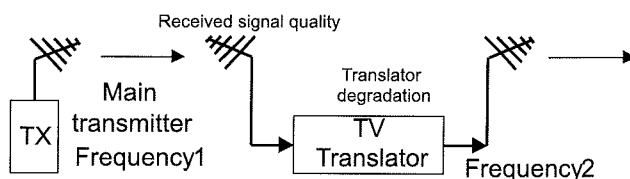
Kjer posamezne oznake predstavljajo naslednje podatke:  
 $R$  (1-20 km)\* - razdaljo med oddajnikom in sprejemno anteno (v kilometrih)  
 $f_c$  (150-1500 MHz)\* - frekvenca oddajanja (v MHz)  
 $H_b$  (30-200 m)\* - višina oddajnika oziroma oddajne antene (v metrih)  
 $h_m$  (1-10 m)\* - predstavlja višino sprejemne antene (v metrih)  
 \* omejitve posameznih parametrov

Na primeru praktičnega izračuna si oglejmo rezultate za vrednosti, ki smo jih doslej izračunali. Za frekvenco bomo izbrali 800 MHz (za to frekvenco imamo podatek o potrebnem razmerju C/N). Višina oddajne antene naj bo 70 m in sprejemne 8 m (primer strešne antene). Za prvi primer  $L_p(48 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}) = 129,48 \text{ dB}$  in mestno okolje dobimo, da je velikost pokrivanja zadovoljiva znotraj območja 6 km, oziroma za primestno okolje znotraj 12 km. Za drugi primer  $L_p(54 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}) = 123,48 \text{ dB}$  in mestno okolje dobimo, da je velikost pokrivanja zadovoljiva znotraj območja 4 km, oziroma za primestno okolje znotraj 8 km.

### 2.3 MFN omrežje

Na sliki 5 je prikazan primer uporabe kanalnega pretvornika v MFN omrežju. Signal iz glavnega oddajnika kanalni pretvornik sprejme in odda na drugi frekvenci. Pri pretvorbi iz ene na drugo frekvenco pride do degradacije koristnega signala. Ena izmed prednosti uporabe kanalnega

pretvornika v MFN omrežju je uporaba obstoječe infrastrukture uporabljene pri oddajanju analognega televizijskega signala. V primeru, da uporabljamo kanalni pretvornik, ki lahko deluje v obeh načinih delovanja (analognem in digitalnem), ni potrebno investirati v novo opremo ob prehodu na digitalno oddajanje.

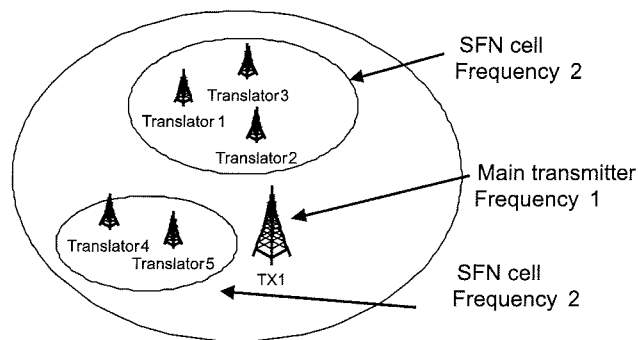


Slika 5: Uporaba kanalnega pretvornika v MFN omrežju.

### 2.4 Sekundarno SFN omrežje

S pomočjo kanalnih pretvornikov lahko izgradimo tudi sekundarno SFN omrežje (slika 6). V sekundarnem SFN omrežju imamo običajno glavni oddajnik z veliko oddajno močjo in kanalne pretvornike za pokrivanje območij, ki niso pokrita z glavnim oddajnikom. Prednosti take rešitve so v manjših stroških, saj za sekundarno SFN omrežje ne rabimo infrastrukture za distribucijo oddajnega signala do oddajnika kot pri običajnem SFN omrežju. Uporabimo kar sprejeti signal iz glavnega oddajnika. Odpade tudi omejitev oddajne moči, ki smo ji bili priča pri uporabi enokanalnih pretvornikov.

Drugi primer smiselnosti izgradnje sekundarnega SFN omrežja je zagotovitev sprejema signala v stavbah brez zunanje antene (indoor reception). Za sprejem v stavbah brez zunanje antene rabimo večjo poljsko jakost signala, kar lahko zagotovimo s kanalnimi pretvorniki.

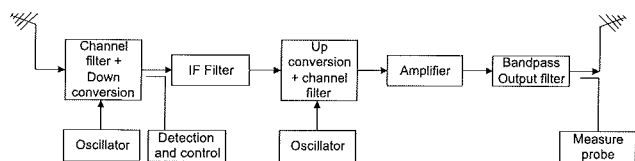


Slika 6: Uporaba kanalnega pretvornika v sekundarnem SFN omrežju.

## 3 Blokovna shema nadgrajenega kanalnega pretvornika

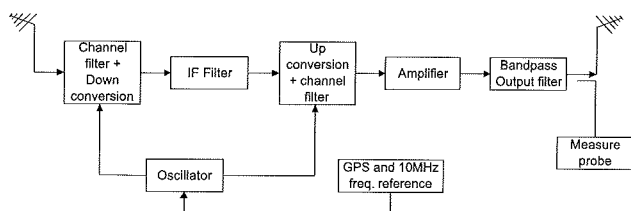
Na sliki 7 je prikazana blokovna shema nadgrajenega kanalnega pretvornika. Nadgrajen kanalni pretvornik se po blokovni shemi bistveno ne razlikuje od doslej uporabljenega. Razlika je pri izvedbi posameznih sklopov in zahtevanih lastnostih posameznih sklopov. Zaradi strožjih zahtev je bilo

potrebno izboljšati lastnosti starih in dodati nove sestavne sklope pretvornika. Največje spremembe so izvedene na lokalnem oscilatorju, kjer je izboljšana frekvenčna ločljivost in karakteristika faznega šuma /11/. Novost pri izvedbi je med drugim tudi detekcijsko vezje in logika za avtomatski preklop delovanja pretvornika.



Slika 7: Blokovna shema kanalnega pretvornika za MFN omrežje.

Glede na nove možnosti, ki jih ponuja digitalno oddajanje, je možno nadgrajeni kanalni pretvornik uporabiti tudi za enofrekvenčno omrežje. Uporabiti je možno enak kanalni pretvornik kot v MFN omrežju. Za uporabo samo v SFN omrežju lahko kanalni pretvornik še optimiziramo. Na sliki 8 je prikazana blokovna shema kanalnega pretvornika za primer SFN omrežja. V tem primeru ni potreben avtomatski preklop in zadošča en lokalni oscilator, kar dodatno zmanjša kompleksnost in ceno samega izdelka. Glede na način delovanja SFN omrežja moramo poskrbeti za frekvenčno sinhronizacijo oziroma točnost oddajne frekvence. Običajno uporabimo v ta namen posebne GPS (Global Positioning System) sprejemnike, ki zagotavljajo sinhronizacijo frekvenčne normale (10MHz). Ker ima lokalni oscilator v kanalnem pretvorniku možnost priklopa zunanje referenčne ure s frekvenco 10MHz je na ta način zagotovljena točnost in stabilnost oddajne frekvence.

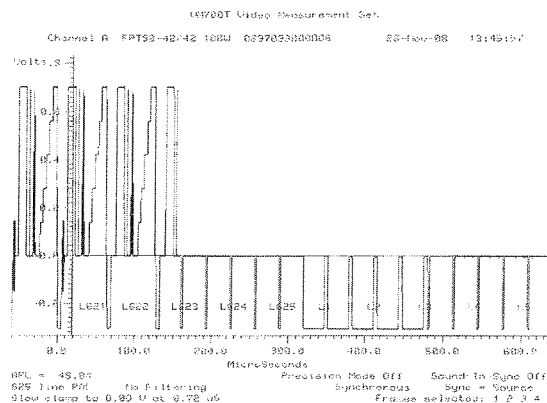


Slika 8: Blokovna shema kanalnega pretvornika za uporabo omejeno na SFN omrežje.

### 3.1 Avtomatski preklop delovanja

Kanalni pretvornik omogoča avtomatski preklop delovanja na podlagi zaznavanja vhodnega RF signala. Za zaznavanje analognega televizijskega signala je ena izmed možnosti spremljanje sinhronizacijskih signalov v video signalu. V analognem signalu imamo signale za horizontalno in vertikalno sinhronizacijo. S horizontalno sinhronizacijo je označen konec posamezne vrstice, ki se izrisuje na televizijskem sprejemniku. Vertikalna sinhronizacija pa označuje trenutek, ko se žarek za izris slike vrne nazaj na vrh ekrana. Na sliki 9 je prikazana meritev analognega signala s sinhronizacijskimi signali. S pomočjo vezja, ki zaznava omenjene impulze in dodatno logiko lahko uspešno ugotovimo ali je vhodni signal analogni televizijski signal /12/.

V primeru, da analogni signal ni zaznan lahko izvedemo preklop v digitalni način delovanja.



Slika 9: Analogni televizijski signal.

## 4 Zaključek

Digitalna televizija prinaša številne spremembe pri nastajanju, produkciji in oddajanju vsebin za prizemeljsko in mobilno televizijo. V prispevku smo se osredotočili na kanalne pretvornike in možnosti uporabe le-teh. Zaradi uporabe drugačne modulacije in zahtev, ki iz tega izhajajo so kanalni pretvorniki za analogno televizijo neustrezni za oddajanje digitalnega televizijskega signala. Z nadgradnjo sklopov kanalnega pretvornika smo uporabo pretvornika razširili tudi na digitalno televizijo. Dodatno smo funkcionalnost razširili na delovanje v obeh režimih in avtomatizirali delovanje.

Na nekaj primerih smo za izbrane podatke prikazali in navedli prednosti in omejitve uporabe kanalnih pretvornikov. Glavne prednosti nadgrajenega kanalnega pretvornika glede na druge rešitve so: cenovna ugodnost, robustnost, zanesljivost in uporabnost rešitve za analogno ali digitalno televizijo. Pri digitalni televiziji imamo, za razliko od drugih rešitev, pri katerih je uporaba omejena, dodatno možnost uporabe kanalnih pretvornikov v različnih konceptih postavljanja televizijskih omrežij (MFN, SFN ali kombinacija obeh). Na primeru smo izračunali največjo oddajno moč in področje pokrivanja s signalom in na ta način prikazali možnosti in omejitve uporabe kanalnega pretvornika v SFN omrežju za dan primer. Na enak način lahko ocenimo možnosti uporabe kanalnega pretvornika, če imamo drugačne parametre in razmere na oddajni lokaciji.

## 5 Literatura

- /1/ PI B. Kenington, K. Hayler, PI N. Moss, D. J. Edwards, A. PI Jenkins and M. Johnstone, Transposer systems for digital terrestrial television, ELECTRONICS & COMMUNICATION ENGINEERING JOURNAL, February 2001.
- /2/ Copot Daniel, Koncepti radiofrekvenčnih pretvornikov za gradnjo enokanalnih omrežij za zemeljsko in mobilno digitalno televizijo: magistrska naloga, 2005.
- /3/ C. Trolet, SPOT: FILLING GAPS IN DVB-T NETWORKS WITH DIGITAL REPEATERS, Harris Broadcast Europe, France, July

- 2002, <http://www.broadcastpapers.com/whitepapers/SPOT-Filling-Gaps-In-DVB-T-Networks-With-Digital-Repeaters.cfm?objid=32&pid=245&fromCategory=53>
- /4/ Products for digital TV transmitters and repeaters, Elti d.o.o., 2008, [http://www.elti.com/products/digital\\_tv\\_transmitters\\_and\\_repeaters](http://www.elti.com/products/digital_tv_transmitters_and_repeaters).
- /5/ ETSI TR 102 377 V1.2.1, Technical report, Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines, Chapter 9.4: Considerations on the use of repeaters in DVB-H networks, November 2005. <http://www.dvb-h.org/PDF/Implementation%20Guidelines%20TR102377.V1.2.1.pdf>
- /6/ European Standard, ETSI EN 300 744 V1.5.1, Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, Annex A: Simulated system performance for 8 MHz channels, November 2004.
- /7/ ETSI TR 101 190 V1.2.1, Technical report, Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects, Chapter 9.2: Minimum field strength considerations, November 2004.
- /8/ Spectrum Planning Report, Investigation of Modified Hata Propagation Models, Attachment: Converting propagation loss to field strength at the receiver, Australian Communications Authority, Document: SP 2/01 April 2001.
- /9/ Oktay Akcakaya, Eda Kocaman, Osman Kaldirim, Terrestrial and satellite based radio systems for TV and multimedia, Propagation models, [http://130.83.66.8/fileadmin/lehre/Radio\\_Systems/materialien/PROPAGATION%20MODELS.pdf](http://130.83.66.8/fileadmin/lehre/Radio_Systems/materialien/PROPAGATION%20MODELS.pdf)
- /10/ Masaharu Hata, Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services, IEEE Transactions on Vehicular Technology, VOL. VT-29, NO.3, August 1980.
- /11/ A. Kosi, M. Solar, Hybrid Oscillator for analog and Digital Terrestrial Television Transmission, Informacije Midem, March 2007.
- /12/ Monolithic Video Sync Separators, Datasheet, Gennum Corporation, July 2004.

*mag. Andrej Kosi univ. dipl. inž. je zaposlen v podjetju ELTI d.o.o Gornja Radgona,*

*docent dr. Mitja Solar je predavatelj na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru. Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru, Smetanova 17, 2000 Maribor*

*Prispelo (Arrived): 23.11.2008 Sprejeto (Accepted): 09.09.2009*