

Реализација Ethernet Bridge-а за РР уређаје са софтверски селектабилним протоком

Владимир Орлић, Мирослав Перић, Драган Обрадовић, *ИМТЕЛ Комуникације А.Д.*

Садржај — Масовна употреба Ethernet-а директно иницира потребу за постојањем одговарајућих интерфејса од радио-релејних уређаја ка мрежама овог типа, у сврху даљег повезивања локалних мрежа посредством микроталасних радио линкова. У овом тексту описано је једно решење за реализацију Ethernet LAN - WAN Bridge-а намењеног радио-релејним уређајима са софтверски селектабилним протоком до 52 Mbit/s. Поред детаљног описа система, избора компоненти и начина конфигурисања, указано је на технолошке захтеве приликом реализације и описан је једноставан метод за поуздано тестирање Ethernet комуникације.

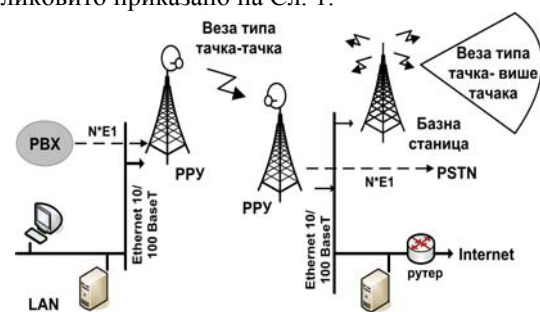
Кључне речи — Ethernet Bridge, LAN-to-WAN, радио-релејни уређаји, селектабилни проток

I. Увод

САВРЕМЕНИ мрежни телекомуникациони системи подржавају велики број различитих сервиса, као што су нпр. сервис са комутацијом кола, frame relay, и сервис за даљински приступ. Како би се избегли непотребни трошкови који су последица постојања више паралелних мрежа (због засебног инсталирања, одржавања, тарифирања, корисничких сервиса, паралелног проширивања, итд.), настоји се постићи пуна интеграција свих присутних сервиса у оквиру једне, заједничке, мреже – где год је то могуће. Ефикасно решење у том смислу представљају Ethernet IP (Internet Protocol) мреже, будући да су због ниже цене опреме осетно приступачније од традиционалних TDM (Time Division Multiplex) мрежа са комутацијом кола. У исто време, пренос путем Ethernet-а је и ефикаснији, будући да се расположиви ресурси канала заузимају само приликом размене података, што у TDM системима није случај. Ово су разлози велике популарности Ethernet-а, који је као технологија доминантно присутан у LAN (Local Area Network) мрежама најразличитијих намена [1].

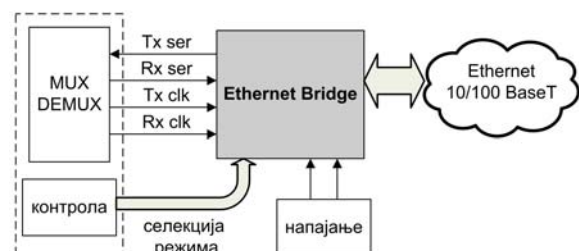
Међусобна конекција LAN-ова у оквиру WAN (Wide Area Network) се у случајевима повезивања

неприступачних области, за потребе наменских веза великог капацитета, или приликом бекаповања критичних путања, може обављати посредством радио-релејних уређаја (РРУ). Ethernet LAN сигнал се тада преноси у мултиплексу са другим сигнаlima од интереса путем радио линка, а остварене везе могу бити типа тачка – тачка, или тачка – више тачака, што је сликовито приказано на Сл. 1.



Сл. 1. Повезивање LAN помоћу радио-релејних уређаја.

Да би се оваква веза могла физички остварити неопходно је обезбедити одговарајући интерфејс од РРУ ка Ethernet LAN – за ове потребе користе се Ethernet Bridge модули, аутономне целине чија је улога да LAN сигнал преведу у HDLC формат за пренос у оквиру TDM, и обратно. Веза Ethernet Bridge јединице са остатком система за пренос приказана је на Сл. 2.: док са стране LAN треба обезбедити исправну бидирекциону Ethernet комуникацију, са стране WAN се конекција врши линијама за серијски пренос података синхронно са тактовима које генерише мултиплексер / демултиплексер РРУ. Ефективан проток сигнала између Bridge-а и мултиплексера једноставно се контролише учешаношћу ових сигнала такта, а додатно је још неопходно обезбедити приступ за иницијалну селекцију радног режима Bridge-а. Саму јединицу Ethernet Bridge-а могуће је једноставно реализовати помоћу IC и пратећих компоненти - начин реализације описан је детаљно у наставку текста.



Сл. 2. Прелаз са LAN на WAN помоћу Ethernet Bridge

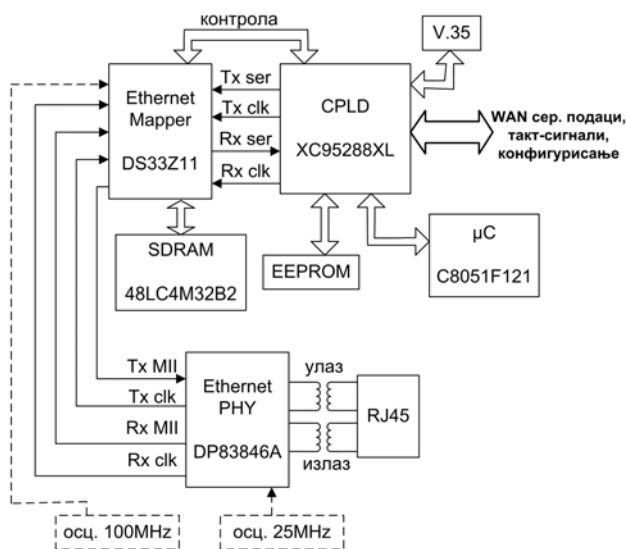
В. Орлић, ИМТЕЛ Комуникације А.Д., Бул. М. Пупина 165 Б, 11070 Нови Београд, Србија; (телефон: 381-64-8236530; e-mail: cheggy@insimtel.com).

М. Перић, ИМТЕЛ Комуникације А.Д., Бул. М. Пупина 165 Б, 11070 Нови Београд, Србија; (e-mail: micha@insimtel.com).

Д. Обрадовић, ИМТЕЛ Комуникације А.Д., Бул. М. Пупина 165 Б, 11070 Нови Београд, Србија; (e-mail: obrad@insimtel.com).

II. РЕАЛИЗАЦИЈА

Структура Ethernet Bridge-а се грубо може поделити у три сегмента: физичку конекцију на Ethernet LAN по правилима стандарда IEEE 802.3, блок за преводње на овај начин добијених података у HDLC формат на серијским линијама прецизираног протока, као и блок за управљање комуникацијом и повезивање са мултиплексером/демултиплексером који се налази изван Bridge-а. За прва два сегмента могу се употребити стандардизована решења у виду интегрисаних кола [2], подржаних одговарајућом електроником за исправан рад: физичка веза на Ethernet LAN се обезбеђује употребом компоненте Ethernet PHY, док се веза са HDLC улазно/излазним сигнаlima може реализовати помоћу компоненти тзв. Ethernet Mapper-а. За потребе управљања и рутирања сигнала ка екстерним уређајима употребљени су CPLD (*Complex Programmable Gate Array*), микроконтролер и серијски EEPROM. Блок шема јединице Ethernet Bridge приказана је на Сл. 3.



Сл. 3. Структура јединице Ethernet Bridge

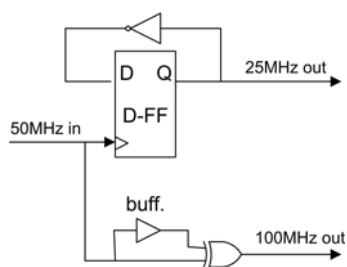
Ethernet сигнал се доводи на RJ45 конектор са интегрисаним трансформатором, а потом се пријемни и предајни смер путем паралелних водова за диференцијалну комуникацију доводе до чипа DP83848I PHY (Single Port 10/100 Mb/s Ethernet Physical Layer Transceiver) [3], који осим интегрисаних подслојева за комуникацију у складу са 10BASE-T и 100BASE-TX Ethernet протоколима у Half-Duplex и Full-Duplex режиму, поседује и могућност рада у Auto-Negotiation моду за брзо аутоматско препознавање радног режима најбољих перформанси који подржава супротна страна Ethernet линка. Ethernet PHY се конфигурише за рад са MII (Media Independent Interface) типом интерфејса ка Mapper-у који се поставља у DTE (Data Terminal Equipment) мод: ово значи да PHY генерише одговарајуће сигнале такта, дефинисане типом Ethernet протокола са којим тренутно оперише, и током циклуса читања и током циклуса уписа на LAN, које прослеђује Mapper-у за

потребе синхроне паралелне комуникације између ова два уређаја. Као Ethernet Mapper употребљен је чип DS33Z11 [4], који пружа могућност проширивања 10/100 Ethernet LAN сегмената енкапсулацијом MAC (Media Access Control) фрејмова у HDLC или X.86 за потребе трансмисије путем PDH/TDM линија података. Подржане су бидирекционе серијске конекције до 52 Mbit/s путем xDSL, T1/E1/J1, T3/E3, V.35/X.21, оптички пренос, OC-1/EC-1, или SONET/SDH притока. DS33Z11 поседује интегрисани 100MHz SDRAM контролер и интерфејс ка 32-битном SDRAM капацитета 128Mbit. SDRAM има улогу екстерног бафера података са Ethernet и WAN портова приликом транспорта: на овај начин се може оперисати са до 8192 рама максималне дужине 2016 бајтова истовремено, што директно диктира ограничење у вредности максималног протока података која се може постићи. Приликом реализације употребљен је MT48LC4M32B2 (1M x 32 x 4) SDRAM [5].

Примарна улога CPLD је да рутира екстерне сигнале (такт, подаци, конфигурисање) до мапера и назад, као и различите сигнале између компоненти присутних у оквиру јединице Ethernet Bridge. По укључењу напајања CPLD поставља Mapper у одговарајући радни режим: 10/100 Mb/s, Half/Full Duplex, DCE/DTE, MII/RMII, са или без аутоматске контроле протока пакета, у жељеном опсегу битског протока WAN притоке. Радни режим може бити задат на више начина: хардверски, софтверски посредством микроконтролера, или софтверски посредством серијског EEPROM-а. Хардверска иницијализација омогућава реализацију без потребе за употребом микроконтролера, простим дефинисањем радног режима на основу вредности одговарајућих бинарних сигнала на пиновима DS33Z11. Док се на овај начин може смањити цена комплетног дизајна јединице, хардверску иницијализацију одликују два битна ограничења: могућности избора радног режима су унапред дефинисане и не могу се проширивати, а уз то не постоји могућност приступа интерним регистрима Mapper-а, што драстично отежава процес дебаговања приликом развоја и пуштања у рад уређаја. Са друге стране, софтверска иницијализација употребом микроконтролера пружа поменуте могућности и из тих разлога је практично неопходна током процеса развоја, испитивања перформанси и дефинисања финалне концепције система. У случају иницијализације на овај начин, CPLD има додатни задатак да на основу стања адресних линија микроконтролера формира CS (Chip Select) сигнал за приступ меморији DS33Z11 (јер контролер може адресирати и сопствену меморију током рада), као и да врши лечовање магистрала адреса и података из мултиплексиране магистрале микроконтролера. Уколико усвојени захтеви у смислу конфигурисања Mapper-а не могу бити задовољени хардверском иницијализацијом због ограничења која је

карактеришу, употреба контролера се при коначној реализацији може избећи, а да при том интерни регистри Маррег-а остану доступни, путем софтверске иницијализације из EEPROM. Усвојена концепција, као што се може видети на Сл. 3, подразумева сваку од три поменути могућности иницијализације. Осим системских сигнала Маррег-а, CPLD дистрибуира екстерне сигнале такта за читање и упис на WAN порт, као и долазни смер линије података из демултиплексера. Осим директног серијског интерфејса ка екстерним компонентама, постоји и могућност комуникације путем V.35 линијског интерфејса реализованог употребом XR3591В кола. Овај приступ је такође доведен на CPLD; док су сигнали на конектору за серијску везу ка мултиплексеру/демултиплексеру екстерно генерисани са аспекта Ethernet Bridge-а, а заправо потичу од остатка система ком Bridge концепцијски припада, сигнали са V.35 интерфејса могу потицати од друге опреме и стога представљају екстерну везу у правом смислу те речи.

Анализа проблема праволинијске реализације Ethernet Bridge-а води до закључка да су за успешно функционисање описане структуре неопходни осцилатори на радним учестаностима 25MHz и 100 MHz, прецизно дефинисаних толеранција од $\pm 50\text{ppm}$, односно $\pm 100\text{ppm}$. Међутим, присуство изабране компоненте CPLD чипа пружа још једну могућност: употребити јединствени осцилатор на радној учестаности 50MHz, довести његов сигнал на улазни пин CPLD, а потом у оквиру чипа применити познате технике дељења учестаности са 2 помоћу D флип-флопа и удвостручавања учестаности помоћу XOR кола – са циљем генерисања неопходних сигнала такта од 25MHz и 100MHz који се даље дистрибуирају одговарајућим компонентама. Методе дељења и умножавања такта 2 пута приказане су на Сл. 4.



Сл. 4. Формирање такт-сигнала у оквиру CPLD

Док дељење такта није критична операција са аспекта максималне брзине рада и кашњења приликом одзива дигиталних кола, приказана процедура удвостручавања јесте. Као што је већ напоменуто, CPLD из употребљене класе представља прикладан избор за успешно генерисање сигнала на учестаности 100 MHz на овај начин, с обзиром да специфицирано кашњење сигнала кроз бафер износи само 5ns [6], што одговара четвртини периода осциловања улазног

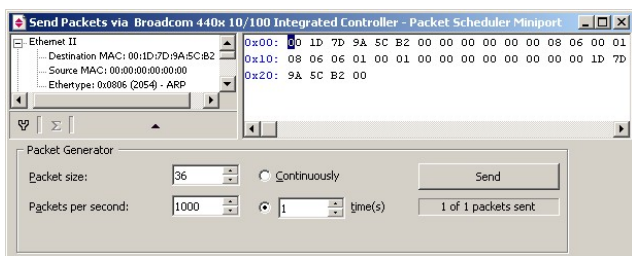
сигнала на 50MHz. Резултујући сигнал такта на 25MHz доводи се на PHY који аутоматски формира сигнал исте учестаности за паралелну комуникацију са Маррег-ом у случају Ethernet везе са LAN у режиму 100Mbit/s, односно 2.5MHz у режиму 10Mbit/s. Сигнал учестаности 100 MHz представља системски такт Маррег-а и служи за правилну енкапсулацију HDLC сигнала и комуникацију са SDRAM.

Намена Ethernet Bridge-а природно упућује на његово позиционирање у оквирима јединице за унутрашњу монтажу (*InDoor Unit – IDU*) радио-релејног уређаја у split-mount конфигурацији, с обзиром да се управо на том месту врши мултиплексирање свих сигнала намењених преносу путем радио-линка. Успешна интеграција ове јединице у физичке габарите IDU подразумева да штампана плоча на коју се уграђују компоненте Ethernet Bridge-а, уколико је реализована као засебна целина, мора димензијама задовољити строга ограничења у смислу расположивог простора. Да је ово неопходно интуитивно је јасно – стандардизована механичка кућишта IDU-а поседују димензије диктиране условима места за монтажу и од стране произвођача усвојене концепције система за пренос. Детаљнији увид у начин међусобног повезивања компоненти које чине Ethernet Bridge показује да је број интерконекиција заиста велики, са магистралама од 10 и више бита на неколико путања, што значајно компликује настојања да се задовољи основни захтев за реализацијом при минималним димензијама. Ово је додатно изражено код јединица у којима је, за потребе развоја, уз друге методе предвиђена и софтверска конфигурација путем микроконтролера. Осим тога, компонента DS33Z11 се стандардно испоручује у BGA кућишту, што поред специфичних услова монтаже упућује на неопходност креирања вишеслојне штампане плоче приликом практичне реализације. У случају да се Ethernet Bridge позиционира на исту штампану плочу са другим компонентама IDU, ова плоча такође мора бити реализована у више слојева. Наведени аспекти представљају важне, пре свега технолошке, захтеве, које треба имати у виду приликом практичне имплементације Ethernet Bridge-а.

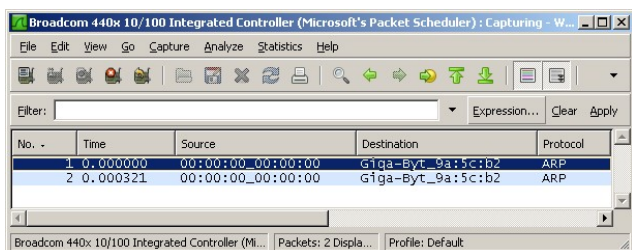
III. ТЕСТИРАЊЕ И РЕЗУЛТАТИ

Да би функционалност јединице Ethernet Bridge била потврђена, од круцијалног је интереса тестирати квалитет преноса сигнала са реалним Ethernet пакетима. За потребе тестирања појединачних јединица Ethernet Bridge-а могуће је повезати их помоћу UTP кабла са RJ45 конекторима на мрежну картицу PC рачунара, који иницира и мониторише саобраћај путем одговарајућих апликација. Постоји више бесплатних апликација, јавно доступних путем Интернета, које се могу искористити у ове сврхе: ми смо користили програм ComView [7] за генерисање појединачних пакета прецизираног формата и

садржаја, и програм WireShark [8] за мониторингање саобраћаја у оба смера на мрежној карти рачунара. На Сл. 5 приказан је изглед појединачног пакета, прецизиране дужине, типа и садржаја, који се формира у апликацији ComView и емитује са жељеном фреквенцијом ка мрежној картици. Путем кабла овај пакет долази до јединице Ethernet Bridge на којој је затворена интерна петља у оквиру CPLD, тако да се у случају успешног функционисања јединице очекује пријем идентичног пакета на страни рачунара, након проласка кроз Bridge и кабл у супротном смеру. Активност на картици забележена помоћу апликације WireShark приказана је на Сл. 6. Као што се може уочити, пакет који одговара карактеристикама генерисаног је детектован два пута: приликом емитовања и око 0.3ms касније. У случају неисправног функционисања Ethernet Bridge-а пакет би био детектован само једном, или би се примљени подаци разликовали од послатих, па се са сигурношћу може тврдити да сви сегменти јединице до WAN порта функционишу исправно.



Сл. 5. Генерисање тест-пакета у програму ComView

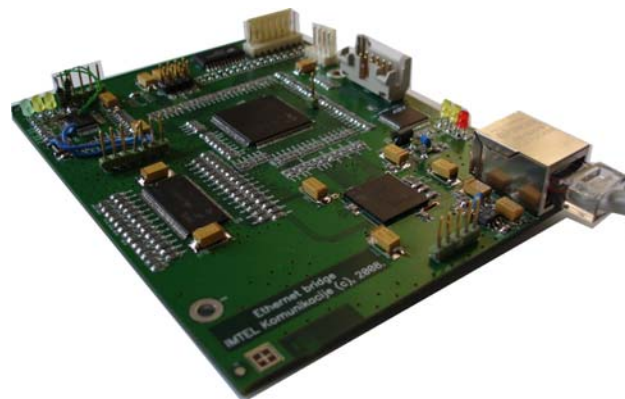


Сл. 6. Анализа саобраћаја на мрежној картици помоћу програма WireShark

Да би се још додатно испитала исправност механизма комуникације са мултиплексером /демултиплексером пре финалне интеграције у јединице за унутрашњу монтажу, две плоче Ethernet Bridge (без интерних петљи сигнала у CPLD) су повезане свака са по једном IDU јединицом преко V.35 интерфејса, IDU су међусобно спојене на својим IDU-ODU конекторима, а на LAN порт сваког Ethernet Bridge-а повезан је преко UTP кабла PC рачунар. Један рачунар је имао улогу извора пакета, док је на другом посматрано да ли ће идентичан пакет бити примљен. Ова процедура је поновљена и у супротном смеру - пошто је на овај начин констатован рад без грешке, може се закључити да је функционалност реализованих јединица Ethernet Bridge, најзад, потврђена.

IV. ЗАКЉУЧАК

На начин описан у овом тексту реализовани су модули Ethernet Bridge, намењени раду у оквиру IDU јединица радио-релејних уређаја Серије Б које развија ИМТЕЛ Комуникације А.Д. (Сл. 7). Описаним тестовима је потврђен исправан рад реализованих решења до капацитета WAN притоке од 4xE1 Mbit/s, уз отворену могућност рада са вишим протоцима употребом идентичног хардвера. Сви изнети закључци резултат су практичног рада, и могу се применити за потребе реализације интерфејса овог типа широког спектра капацитета преноса.



Сл. 7. Ethernet Bridge јединица ИМТЕЛ Комуникације

ЛИТЕРАТУРА

- [1] J. Alexon: *Embedded Ethernet and Internet Complete: Designing and Programming Small Devices for Networking*. Madison, WI: Lakeview Research LLC, 2003.
- [2] *Ethernet LAN To Unframed T1/E1 WAN Bridge*, Application note, Maxim Integrated Products, 2005.
- [3] *DP83848I PHYTER – Industrial Temperature Single Port 10/100 Mb/s Ethernet Physical Layer Transceiver*, National Semiconductor Corporation, 2008.
- [4] *DS33Z11 Ethernet Mapper*, Maxim/Dallas Semiconductor, 2006.
- [5] *Synchronous DRAM MT48LC4M32B2 – 1 MEG x 32 x 4 banks*, Micron Technology Inc., 2001.
- [6] *XC95288XL High Performance CPLD*, Xilinx Inc., 2007.
- [7] www.tamos.com/products/commview
- [8] www.wireshark.org

ABSTRACT

For purpose of interconnecting Ethernet LANs over microwave radio in order to form a WAN, usage of appropriate interfaces is necessary. In this paper, one solution is presented for realization of Ethernet LAN - WAN Bridge, intended for operation within digital radio-relay device with software-selectable bitrate (up to 52Mbit/s). System, components and configuration methods are described in details, some technological requirements are considered, and one simple method for reliable testing of Ethernet communication is presented.

REALIZATION OF ETHERNET BRIDGE UNIT FOR RR DEVICE WITH SOFTWARE SELECTABLE BITRATE

Vladimir Orlic, Miroslav Peric, Dragan Obradovic