Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií

Diplomová práce

Fibre Channel sítě – Implementace SAN v podnikovém prostředí

Bc. Michael Anderle

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michael Anderle

Informatika

Název práce

Fibre Channel sítě – Implementace SAN v podnikovém prostředí

Název anglicky

Fiber Channel Networks – SAN implementation in an enterprise environment

---

Cíle práce

Cílem práce je implementace SAN (switches, directores) ve vybrané firmě. Vypracování teoretického přehledu řešené problematiky v oblasti Storage Area Network zaměřené na Fibre Channel Switche.

Dále:
- Charakteristika současné situace.
- Vytvoření návrhů možných řešení včetně implementace vhodné varianty.
- Porovnání nové a staré SAN.
- Zhodnocení výsledků a formulace závěrů.

Metodika

Na základě praxe a zkušenosti a také pomocí odborných zdrojů bude zpracován přehled problematiky. V teoretické části základní charakteristika SAN řešení, jednotlivé možnosti, možnosti zapojení, výhody, nevýhody. V praktické části analýza současného zapojení, návrh řešení, výběr konkrétního SAN zařízení podloženo analýzou a rozhodováním. Rozhodování dle logické metody dle indukce, dedukce a analýza, syntéza. Srovnávací metoda bude vyhodnocení typologie zařízení a funkcionalita zařízení. Příprava prostředí pro implementaci navrženého řešení, instalace zařízení a jeho nastavení, včetně přípravy propojení do infrastruktury. Zhodnocení výsledků a možnosti dalšího rozvoje.

Doporučený rozsah práce

50-60 stran

Klíčová slova

SAN, Storage Area Network, Fibre Channel, Brocade, MDS Cisco, Switch, Director

---

Doporučené zdroje informací

Designing Storage Area Networks: A Practical Reference for Implementing Fibre Channel and IP SANs – Tom Clark
Fiber Optics – Mitschke Fedor
Fibre Channel for SANs – Alan Benner
Networking Next-Gen Storage – AJ Casamento and Marcus Thordal
NVMe over Fibre Channel – AJ Casamento and Marcus Thordal

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Martin Lukáš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Konzultant

Ing. Tomáš Vokoun

Elektronicky schváleno dne 14. 11. 2022

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 11. 2022

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 18. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Fibre Channel sítě – implementace SAN v podnikovém prostředí" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30.3.2023 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Tomáši Vokounovi za odborné rady, vstřícný přístup a výbornou komunikaci během zpracování diplomové práce a také za konzultace, které mi při tvorbě diplomové práce velmi pomohly. Rád bych poděkoval své manželce, Bc. Reycel Jhoned Anderle za veškerou pomoc, abych mohl studovat a psát tuto práci.

Fibre Channel sítě - implementace SAN v podnikovém prostředí

Abstrakt

Práce se věnuje problematice technologií při ukládání dat a SAN architektuře. V teoretické části jsou popsány základy těchto technologií, v textu jsou vysvětleny principy jejich fungování jejich využití ve firmách, je popsána charakteristika SAN infrastruktury a jednotlivé možnosti zapojení (včetně jejich výhod a nevýhod). Teoretický přehled řešené problematiky je zaměřen na oblasti Storage Area Network (SAN) a Fibre Channel Switche. V praktické části práce je navržena implementace SAN infrastruktury v prostředí konkrétní české firmy.

Klíčová slova: Fibre Channel, ISCSI, NAS, podniková síť, SAN.

Fibre Channel networks - SAN implementation in the enterprise environment

Abstract

The thesis deals with the issues of data storage technologies and SAN architecture. The theoretical part describes the basics of these technologies, explains the principles of their operation in companies, describes the characteristics of SAN infrastructure and the various options for their integration (including their advantages and disadvantages). The theoretical overview of the subject is focused on the areas of Storage Area Network (SAN) and Fibre Channel Switches.

In the practical part of the thesis the implementation of SAN infrastructure in the environment of a specific Czech company is proposed.

Keywords: Fibre Channel, ISCSI, NAS, enterprise network, SAN.

Obsah

1 Úvod

V dnešní době používá v rámci svého podnikání téměř každá firma některé IT technologie, jejíž základními úlohami je zjednodušit práci, umožnit přístup k informacím, které fyzicky nejsou ve firmě, umožnit online nebo off-line komunikaci firmy a jejích zaměstnanců s partnery, dodavateli, zákazníky, státní správou, médií a dalšími zainteresovanými skupinami.

Během využívání IT prostředků se generují různá data, se kterými firma pracuje a které pro svou činnost potřebuje. Tato data je potřeba někam systematicky (nejlépe strukturovaně) ukládat a současně k nim umožnit (řízený) přístup pro jejich další využití.

Pro ukládání dat pořizovaných v IT světě slouží různé technologie, které se v čase vyvíjejí a vylepšují, současně (kvůli vzrůstajícím nárokům) se tyto systémy zesložiťují, takže běžní uživatelé, kteří s těmito daty pracují, většinou (do většího detailu) nerozumí v podstatě žádné operaci, které se s daty realizují. Jejich rozlišovací schopnosti v této oblasti končí většinou na rozlišování typu operací s daty (ukládání, čtení, editace, mazání a zálohování) a na ovládání aplikací, jejichž prostřednictvím s daty pracují.

Pro ukládání většího množství dat (typicky ve firmách) jsou na trhu k dispozici různé technologie a různé nástroje (hardwarové i softwarové), které se liší způsobem práce s daty, výkonnostními parametry, mírou zabezpečení, mírou jednoduchosti/složitosti jejich administrace, spolehlivostí, schopností s daty manipulovat (u všech zmíněných typů operací) apod.

Jednou z dnes již rozšířených a respektovaných technologií při ukládání dat je SAN architektura, které se věnuje tato práce. Práce je dále rozdělena do dvou částí. V teoretické části budou popsány základy této technologie, budou vysvětleny principy jejího fungování, historie vzniku a využití ve firmách apod.

V praktické části práce bude navržena implementace SAN infrastruktury v prostředí konkrétní české firmy, jejíž dosavadní práce s firemními daty neodpovídá současným (moderním) požadavkům. Firma dospěla k rozhodnutí modernizovat svůj IT provoz, který jí umožní vyšší míru konkurenceschopnosti na trhu. Součástí modernizace bude vybudování SAN infrastruktury pro práci s firemními daty.

V práci budou využity výzkumné metody vycházející z analýzy, syntézy, komparace a studia odborné literatury.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce je návrh implementace SAN úložiště a s ním spojené infrastruktury v konkrétní firmě. Vlastní návrh bude vycházet z praxe a zkušeností autora práce, které budou doplněny informacemi získanými z odborných zdrojů.

2.2 Metodika

V teoretické části práce bude zpracován přehled dané problematiky. Bude vysvětlena základní charakteristika SAN infrastruktury, budou popsány jednotlivé možnosti zapojení a jejich výhody i nevýhody. Teoretický přehled řešené problematiky se zaměří na oblasti Storage Area Network (SAN) a Fibre Channel Switche.

V praktické části práce bude nejdříve popsána současná podoba práce s daty ve vybrané firmě, která se stane výchozím základem návrhu řešení a výběru konkrétního SAN zařízení. Rozhodování bude při sestavování návrhu založeno na logice, indukci, dedukci, analýze a syntéze.

Návrh bude následně doplněn o poznámky a náměty vztahující se k implementaci nového řešení do současného infrastrukturního IT řešení, které dnes firma používá.

3 Teoretická východiska

3.1 Storage Area Network

Storage Area Network (SAN) je vyhrazená vysokorychlostní síť nebo podsíť, která propojuje a zpřístupňuje sdílená úložná zařízení více serverům.[1]

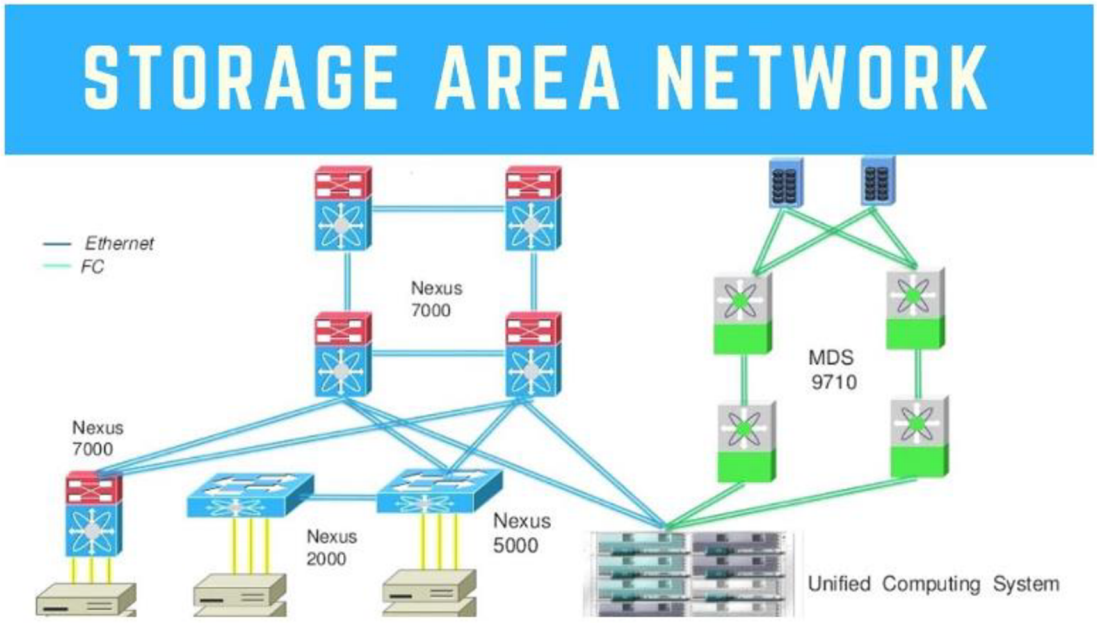
Dostupnost a přístupnost datových úložišť je pro podnikové výpočetní systémy velmi (až kriticky) důležité. Jednoduchou a nenákladnou možností, jak zpřístupňovat různá datová úložiště, je přímé připojení disků v rámci jednotlivých serverů prostřednictvím vyhrazeného rozhraní jako je SAS, nicméně moderní podnikové systémy vyžadují dnes mnohem vyšší úroveň organizace, flexibility, kontroly a bezpečnosti. Tyto potřeby vedly k vývoji sítí Storage Area Network (SAN).

Tato technologie řeší vysoké požadavky na podnikové úložiště tím, že poskytuje samostatnou, vyhrazenou, vysoce škálovatelnou a vysoce výkonnou síť, která je navržena k propojení velkého množství serverů s řadou různých úložných zařízení. Tato úložiště je možné v síti SAN organizovat a spravovat i jako vrstvy. SAN dává firmě možnost zacházet s úložištěm jako s jediným datovým zdrojem, který lze centrálně replikovat a data v něm chránit. Jiné technologie, jako je například deduplikace dat nebo RAID, mohou optimalizovat kapacitu úložišť a výrazně tím zlepšit jejich odolnost vůči chybám a útokům (ve srovnání s tradičními přímo připojenými úložišti).[2]

[1] VMWARE.COM. *What is SAN and how does it work?* [cit. 2023-01-22]. Dostupné z https://www.vmware.com/topics/glossary/content/storage-area-network-san.html

[2] VMWARE.COM *What is SAN and how does it work?* [cit. 2023-01-22]. Dostupné z https://www.vmware.com/topics/glossary/content/storage-area-network-san.html

Obrázek 1 Architektura Storage Area Network



Zdroj: Youtube (2023)

Infrastrukturu SAN lze zjednodušeně chápat jako síť disků, ke které přistupuje síť serverů. Existuje několik populárních scénářů používání SAN sítí ve firmách. Typickým scénářem je využití SAN infrastruktury ke konsolidaci firemních úložišť. Servery běžně obsahují jedno nebo více lokálních úložišť, datová centra mívají stovky serverů, z nichž každý běžně provozuje virtuální stroje, které lze podle potřeby nasadit a mezi servery vzájemně migrovat.[3]

Pokud selže server, na němž jsou uložena lokální data, je nutné tato data přesunout a migrovat na jiný server, případně je obnovit. Praktičtější než používat fyzické disky umístěné na jednotlivých serverech v datovém centru, může být pro firmu přesunout datová úložiště do vyhrazeného SAN subsystému, kde budou centrálně spravována a chráněna.

SAN může také zlepšit dostupnost dat, protože jde ve své podstatě o síťovou strukturu vzájemně propojených počítačů a úložných zařízení, kde narušení jedné síťové cesty lze obvykle překonat povolením alternativní cesty přes síť SAN. Selhání jediného kabelu nebo zařízení běžně způsobí nedostupnost datového úložiště, což u SAN infrastruktury neplatí.

[3] IBM.COM. *A storage area network (SAN) is a dedicated network tailored to a specific environment — combining servers, storage systems, networking switches, software and services*. [cit. 2023-01-22]. Dostupné z: https://www.ibm.com/topics/storage-area-network

Přechodem na SAN může firma také identifikovat staré nepoužívané „zapomenuté“ disky. SAN nabízí centrální umístění pro všechna úložiště a umožňuje správcům sdružovat a společně spravovat veškerá připojená úložná zařízení.[4]

Z uvedeného vyplývá, že SAN úložiště může zvýšit soulad firemních předpisů s provozem firmy v oblasti zotavení po haváriích (Disaster Recovery), kontinuity podnikání (Business Continuity) zvyšováním odolnosti firemních úložišť.

SAN pracuje tak, že propojí všechny disky do vyhrazené sítě, která funguje odděleně uvnitř firemní sítě LAN. Tento přístup umožňuje kterémukoliv ze serverů připojených k síti SAN přistupovat k libovolnému z disků, které jsou k síti připojené a efektivně tak zacházet s úložištěm jako s jediným společným zdrojem. Samotná data uložená v SAN nemusí procházet přes LAN, což výrazně snižuje nároky na šířku pásma a datovou propustnost sítě a zachovává (nesnižuje) její výkon. Protože SAN je samostatná vyhrazená síť, lze ji navrhnout tak, aby kladla důraz na výkon a odolnost, což je velmi výhodné pro podnikové aplikace, které do sítě ukládají svá data (nebo je z ní čtou).[5]

SAN podporuje velké množství úložných zařízení. Speciálně navržené úložné subsystémy, které podporují SAN, lze škálovat tak, aby pojaly stovky nebo tisíce disků. Podobně každý server s vhodným rozhraním SAN může přistupovat k SAN a jejímu obrovskému úložnému potenciálu. Existují dva hlavní typy síťových technologií a rozhraní používaných pro sítě SAN, kterými jsou Fibre Channel a ISCSI.

3.2 Fibre Channel

Fibre Channel je vysokorychlostní síť s vysokou propustností a nízkou latencí, která nabízí rychlost přenosu dat až 128 Gb/s napříč metropolitními oblastmi (na vzdálenosti 10-15 km) při použití kabelů z optických vláken. Tento druh vyhrazené sítě umožňuje konsolidaci úložišť na jednom místě, zatímco servery lze rozmístit po různých budovách.

Tradiční měděnou kabeláž a odpovídající FC rozhraní lze použít tehdy, když jsou úložiště a servery na stejném místě do vzdálenosti 10 metrů. Označení FC a označení propustnosti se změnilo na Gigabit FC, nejnovější rozhraní slibují přenosy dat 128 a 256 GFC. Jako

---

[4] IBM.COM. *A storage area network (SAN) is a dedicated network tailored to a specific environment — combining servers, storage systems, networking switches, software and services.* [cit. 2023-01-22]. Dostupné online z https://www.ibm.com/topics/storage-area-network

[5] NETAPP.COM. *What is SAN (Storage Area Network).* [cit. 2023-01-22]. Dostupné online z https://www.netapp.com/data-storage/what-is-san-storage-area-network/

síťové rozhraní Fibre Channel podporuje několik topologií, a to včetně point-to-point, arbitrážních smyček a přepínané struktury.

Fyzická implementace Fibre Channel spočívá v nasazení adaptérů hostitelské sběrnice FC (HBA) do každého serveru, úložiště, do síťových přepínačů FC nebo jiných síťových zařízení. Každá hostitelská sběrnice obsahuje jeden nebo více portů, které zprostředkovávají výměnu dat. Porty mohou být virtuální nebo fyzické, které jsou propojeny pomocí kabelů, což umožní hostitelským sběrnicím a přepínačům vytvořit síťovou strukturu.[6]

Fibre Channel byl standardizován v roce 1994 a umožnil vznik SAN sítí. Pro Enterprise prostředí to bylo jednoznačné (byť nákladné a složité při spojování geografických lokalit) řešení pro storage.

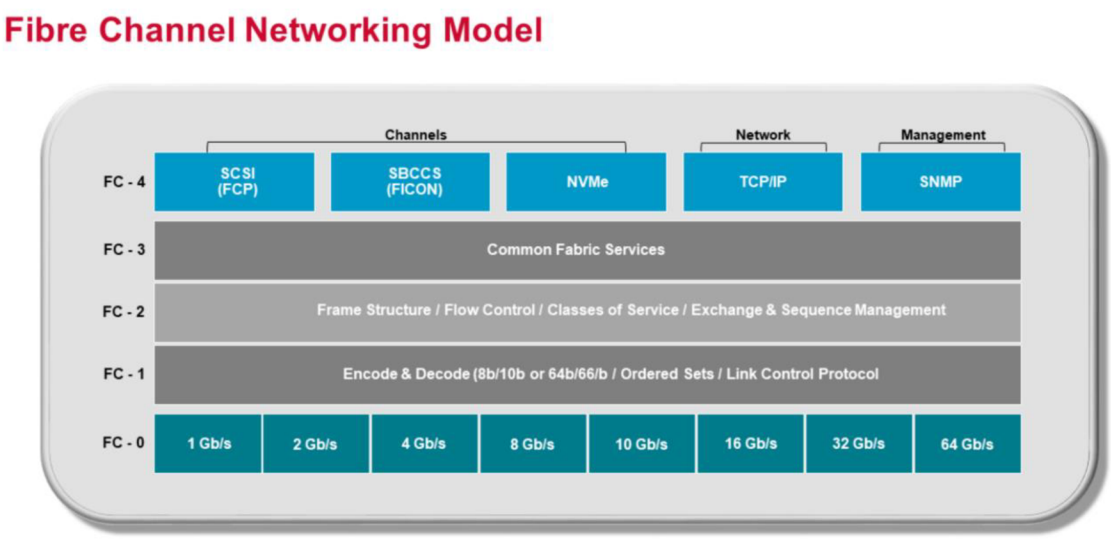
Jde o fullduplexní, sériové, blokově orientované komunikační rozhraní, které je navržené pro vysokorychlostní přenos dat. Běžně se využívá pro připojení diskových polí (storage device) k serverům v SAN sítích. Standardně se jako fyzické médium pro přenos využívají optická vlákna (Optical Fiber). Fibre Channel je navržen s vysokou spolehlivostí, nesmí dojít ke ztrátě rámce a musí být doručeny ve správném pořadí.

Fibre Channel využívá standard FCoE (Fibre Channel over Ethernet), který umožňuje zapouzdření rámců do Ethernetových sítí. Snižuje se tím složitost datového centra, protože je možné používat běžné switche a kabeláž při zachování vlastností Fibre Channel (Bouška, 2017).

Standard Fibre Channel je založen na pětivrstvém modelu.

[6] DELL.COM. *Úvod do sítí Fibre Channel SAN (Storage Area Network).* [cit. 2023b-01-22]. Dostupné online z https://www.dell.com/support/kbdoc/cs-cz/000133576/%C3%BAvod-do-s%C3%ADt%C3%AD-fibre-channel-san-storage-area-network

Obrázek 2 Fibre Channel Model



Zdroj: Brocade Fibre Channel Fundamentals_Student_Guide_FC_120_Rev0820_l

Úrovně FC-0 a FC-1 specifikují fyzické funkce a funkce datového spoje potřebné k fyzickému odesílání dat z jednoho portu na druhý. Specifikace úrovně FC-0 zahrnují informace o fyzických médiích, jako je rozhraní (optické nebo elektrické), kabely a konektory a také o podporovaných rychlostech médií.

Úroveň FC-1 obsahuje specifikace pro kódování, objednané sady a řízení spojení komunikačních funkcí.

Úroveň FC-2 specifikuje obsah a strukturu informací spolu se způsobem řízení a kontroly. Tato vrstva obsahuje základní pravidla potřebná pro odesílání dat v síti. A to:

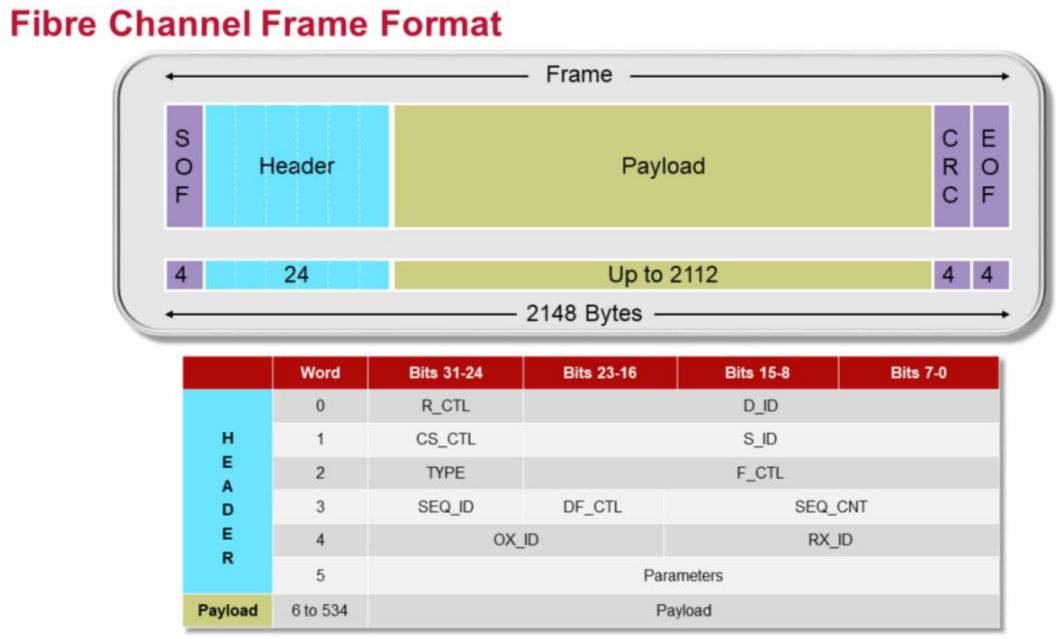
- Jak rozdělit data do rámců
- Řízení toku dat, které určuje, kolik dat má být odesláno před odesláním dalších.
- Kam má rámec směřovat
- Zahrnuje také třídy služeb, které definují různé implementace, které mohou být zvoleny v závislosti na aplikaci.

Úroveň FC-3 definuje pokročilé funkce, jako je striping (přenos jedné datové jednotky napříč vícenásobných spojů), multicast (pro přenos jednoho přenosu do více destinací), a hunt group (mapování více portů na jeden uzel). Zatímco úroveň FC-2 se zabývá s definicí funkcí s jedním portem, úroveň FC-3 se zabývá funkcemi, které zahrnují více portů.

Úroveň FC-4 poskytuje mapování funkcí Fibre Channel na již existující protokoly, jako jsou např. SCSI (FCP), NVMe a protokoly úložných kanálů FICON. TCP/IP protokoly a protokoly správy, jako je SNMP.

Fibre Channel Frame Format základními stavebními kameny Fibre Channel spojení jsou framy neboli rámce. Obsahují informace, které mají být přenášeny, adresu zdrojového a cílového portu a informace o řízení linky. Rámce jsou široce kategorizovány jako datové rámce a link control frames.

Obrázek 3 Fibre Channel Frame Format



Zdroj: Brocade Fibre Channel Fundamentals_Student_Guide_FC_120_Rev0820_l

Type: Určuje protokol obsahu rámce pro datové rámce (tj. FC_CT, FCP, IPFC).

Řízení rámce/Frame Control (F_CTL): obsahuje různé řídicí informace týkající se rámce, jako například kdo vlastní iniciativu, první rámec výměny a poslední rámec výměny.

ID sekvence (SEQ_ID): identifikuje a sleduje všechny rámce v rámci sekvence mezi jednotlivými snímky dvojicí zdrojového a cílového portu.

Řízení datových polí (DF_CTL): uvádí, zda jsou v datovém poli přítomny volitelné hlavičky na začátku datového pole rámce. Nepovinné hlavičky se používají pro informace, které mohou být vyžadovány některými aplikacemi nebo mapováním protokolu.

Počet sekvencí (SEQ_CNT): udává pořadí přenosu rámce v rámci sítě sekvence nebo více po sobě jdoucích sekvencí v rámci jedné výměny. Jedná se o čítač, který se zvyšuje s přenášenou sekvencí rámců.
- Originator_ID (OX_ID): ID výměny přidělené portem původce.
- Responder_ID (RX_ID): ID výměny přidělené respondérem výměny.
- Data Field/Payload: maximální velikost je 2112 bajtů.

3.2.1 Fibre Channel Switch

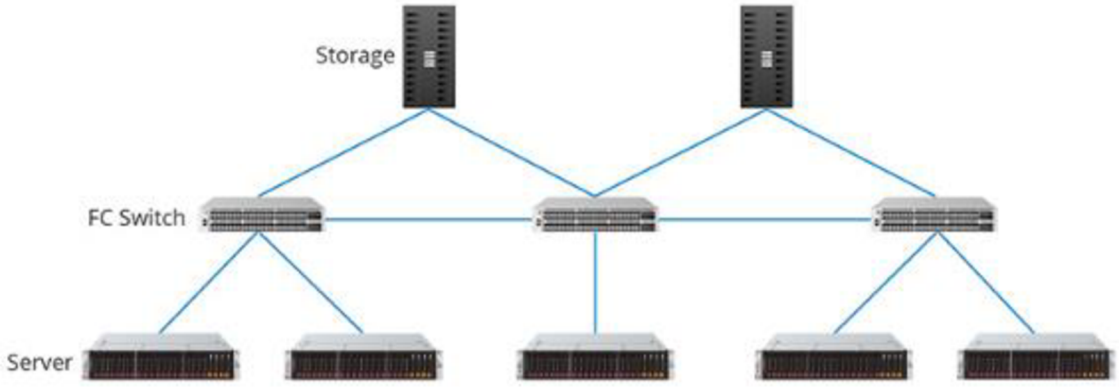
Přepínač Fibre Channel je síťový přepínač kompatibilní s protokolem Fibre Channel (FC). Využívá se jako součást struktury Fibre Channel v rámci úložiště (SAN). Síť zařízení Fibre Channel umožňuje komunikaci typu many-to-many, vyhledávání názvů zařízení, zabezpečení a redundanci.[7] Přepínače Fibre Channel implementují zónování, což je mechanismus, který zakazuje nežádoucí provoz mezi určitými uzly sítě.
Přepínače Fibre Channel lze nasazovat po jednom nebo ve větších konfiguracích. Správci SAN obvykle přidávají nové přepínače tehdy, když rostou požadavky. Přepínače spojují pomocí optického kabelu prostřednictvím standardních portů. Někteří prodejci přepínačů nabízí vyhrazené vysokorychlostní stohovací porty pro ovládání mezipřepínačů (podobně jako stávající stohovatelné ethernetové přepínače), což umožňuje vytvářet vysoce výkonné konfigurace s více přepínači s použitím celkově menšího počtu přepínačů.[8]
Mezi hlavní výrobce přepínačů Fibre Channel patří Brocade (Broadcom), Cisco Systems a QLogic (Marvell).
Přepínač Fibre Channel eliminuje potřebu přímého připojení každého serveru ke každému poli úložiště, a tím snižuje složitost. Ačkoli Fibre Channel podporuje připojení typu point-to-point, ve kterých server fyzicky přistupuje k připojenému úložišti přímo bez přepínače Fibre Channel, tato architektura není dostatečně škálovatelná. Přepínač Fibre Channel řeší tento problém tím, že funguje jako prostředník mezi servery a úložištěm. Servery i úložná

[7] HUAWEI. *Configuring Fibre Channel Switches (Applicable to Fibre Channel Connections)* [online]. [cit. 2022-08-08].
Dostupné z: https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100112636/ccddc95d/configuring-fibre-channel-switches-applicable-to-fibre-channel-connections

[8] SLIWA, Carol. Fibre Channel switch (FC switch). [cit. 2023-02-02].
Dostupné z: https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/Fibre-Channel-switch-FC-switch

zařízení jsou připojeny k přepínači Fibre Channel. Když server potřebuje přístup k úložnému zařízení, přepínač Fibre Channel přesměruje požadavek na příslušné úložné zařízení.[9]
Přepínače Fibre Channel se používají hlavně v sítích SAN, zatímco přepínače Ethernet se většinou používají v sítích LAN.
Rozdíly mezi Fibre Channel a Ethernet Switch jsou ve čtyřech hlavních aspektech, kterými jsou aplikace, spolehlivost, přenosová rychlost a cena. Ethernetové přepínače umožňují široké škále zařízení komunikovat mezi sebou pomocí ethernetových paketů. Přepínače FC se používají pouze pro připojení serverů k diskovým polím, nikoli pro obecnou síťovou komunikaci.[10]

Obrázek 4 Fibre Channel Switch a Ethernet Switch



Zdroj: FS Community (2021)

Přepínače Fibre Channel fungují bezeztrátově, aniž by došlo k výpadku jediného rámce. Ethernetovým přepínačům může hrozit zahazování rámců (při přetížení), protože se spoléhají pouze na vyšší vrstvy, například TCP (Transmission Control Protocol).[11]

---

[9] DELL Technologies, *Úvod do sítí Fibre Channel SAN (Storage Area Network)* [online]. 2021. [cit. 2023-02-02].
Dostupné z: https://www.dell.com/support/kbdoc/cs-cz/000133576/%C3%BAvod-do-s%C3%ADt%C3%AD-fibre-channel-san-storage-area-network

[10] PLATZ, Carol. *Direct Attached Storage (DAS) Disadvantages & Alternatives. Lightbitslabs.com* [online]. 2021. [cit. 2023-02-02].
Dostupné z: https://www.lightbitslabs.com/blog/direct-attached-storage-disadvantages-and-alternatives/

[11] HUAWEI. *Configuring Fibre Channel Switches (Applicable to Fibre Channel Connections)* [online]. [cit. 2023-02-02].
Dostupné z: https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100112636/ccddc95d/configuring-fibre-channel-switches-applicable-to-fibre-channel-connections

Maximální datová rychlost přepínače Fibre Channel je 256GFC, přičemž jsou k dispozici verze 8GFC, 16GFC, 32GFC, 64GFC a 128GFC, podle Fibre Channel Speedmap ilustrované Fibre Channel Industry Association. Přenosové rychlosti ethernetového přepínače se pohybují od Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet až po 100/400GbE.[12]

Většina dnešních sítí Fibre Channel má rychlost 8Gbps nebo 16Gbps, zatímco většina konfigurací Ethernetu typicky 1Gbps/10Gbps pro domácí sítě a 25G/40Gbps/100Gbps pro sítě datových center. Obecně řečeno, sítě 8GFC běží blízko efektivní rychlosti 10GbE, takže rozdíl je téměř zanedbatelný. 16GFC je mnohem rychlejší než 10GbE nebo výkon je někdy přinejmenším nerozhodný. Stručně řečeno, o praktické přenosové rychlosti rozhoduje konkrétní pracovní prostředí.[13]

Ve většině případů jsou ethernetové přepínače mnohem levnější než přepínače Fibre Channel. Fibre Channel se však používá hlavně v prostředí SAN datových center, zatímco Ethernet lze nalézt v různých typech sítí: od malých domácností, velkých kanceláří až po velká datová centra. Pro využití datového centra je 8Gbps FC obecně levnější než 10Gbps Ethernet a 16GFC stojí přibližně stejně jako 10GbE.

3.2.2 Brocade

Brocade je americká technologická společnost, která se specializuje na síťové produkty pro ukládání dat na bázi Fibre Channel. V současné době je to dceřiná společnost společnosti Broadcom Inc. Její nabídka zahrnuje směrovače a síťové přepínače pro datová centra, kampusy a pro prostředí operátorů, síťové struktury pro ukládání dat. Brocade nabízí širokou škálu switchů a directorů, které jsou zobrazeny na obrázku 5.

Společnost Broadcom Inc. je světovým lídrem v technologii infrastruktury postavená na 50 letech inovací, spolupráce a technické dokonalosti. S kořeny založenými na bohatém

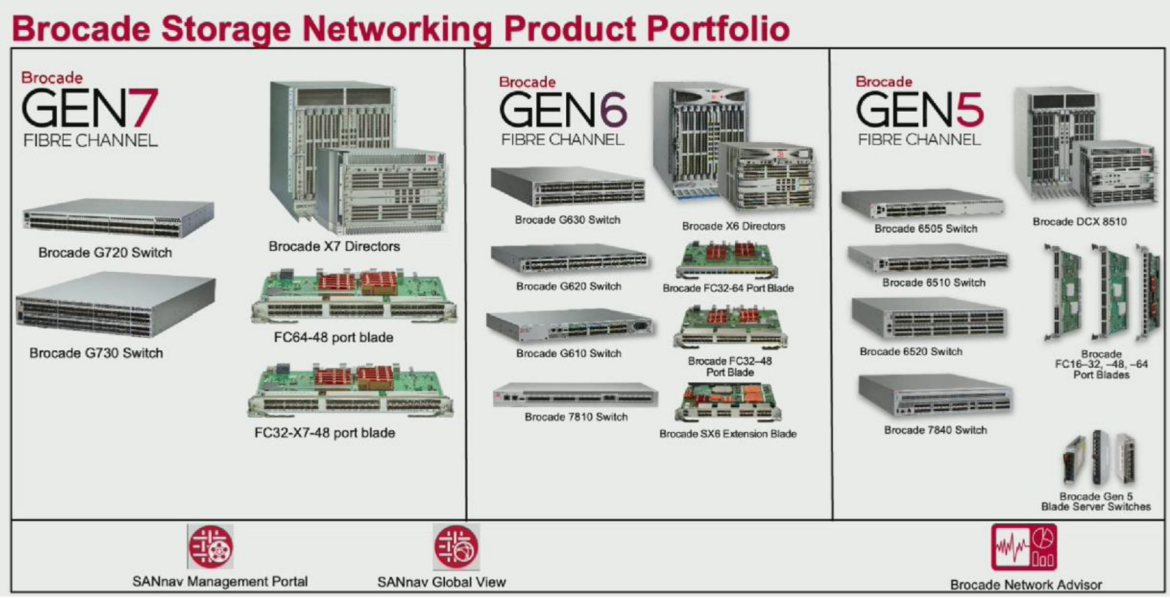
---

[12] FS COMMUNITY. *Fibre Channel Switch vs Ethernet Switch: What Are the Differences? Fibre channel switches are designed for SAN while Ethernet switches for LAN* [online]. 2021.
Dostupné z: https://community.fs.com/blog/fibre-channel-vs-ethernet-switch-what-are-the-differences.html

[13] *Fibre Channel Switch vs Ethernet Switch: What Are the Differences? Fibre channel switches are designed for SAN while Ethernet switches for LAN* [online]. 2021, 15.12.2021 [cit. 2022-08-08].
Dostupné z: https://community.fs.com/blog/fibre-channel-vs-ethernet-switch-what-are-the-differences.html

technickém dědictví AT&T/Bell Labs, Lucent a Hewlett-Packard/Agilent se Broadcom zaměřuje na technologie, které spojují náš svět. Díky kombinaci předních společností Broadcom, LSI, Broadcom Corporation, Brocade, CA Technologies a Symantec má společnost velikost, rozsah a technický talent, aby vedla odvětví do budoucnosti.

Obrázek 5 Brocade Storage Networking produktové portfolio



Zdroj: Broadcom (2023)

V následující tabulce 1 je přehled základních switchů a directorů, které firma Brocade nabízí i se základním popisem funkcionalit jako je propustnost switchů a directorů. Zdali podporuje FICON. Spotřeba switche a directoru, počet a rychlost portů, a zdali je možné využití access gateway. Firma Brocade nabízí škálů switchů od malý přepínačů pro malé firmy až po velké direktory, které lze využít ve velkých datových centrech. V současné době se primárně v nových instalacích používají switche a direktory generace 7, ale z větší části se potkáme s již instalovanou bází switchů a directorů na generaci 6 a někde i na starší generaci 5.

Tabulka 1 Switche a Direktory firmy Brocade

Part Number	Bandwidth	Total Line Rate Ports	Power	Frame Based ISL Trunking	Access Gateway	FICON Support
Brocade G630 Switch	4 Tb/s	48 to 128 @32G	942W, dual hot-swappable power supplies	256Gb/s frame-based trunk (optional)	Not available	Not available
Brocade G610 Switch	768 Gb/s	8 to 24 @ 32G	76.52W, single, fixed power supply	256Gb/s frame-based trunk (optional)	Supports	Not available
Brocade G620 Switch	2 Tb/s	24 to 64 @ 32G	205W, dual hot-swappable power supplies	256Gb/s frame-based trunk (optional)	Supports	Supports
Brocade G720 Switch	4.096 Tb/s	24 to 64 @ 64G	349W, dual hot-swappable power supplies	Frame-based trunking with up to eight SFP+ ports per ISL trunk; up to 512Gb/s per ISL trunk.	Supports	Supports
Brocade G730 Switch	8.192 Tb/s	48 to 128 @ 64G	969W, dual hot-swappable power supplies	Frame-based trunking with up to eight SFP+ ports per ISL trunk; up to 512Gb/s per ISL trunk.	Not available	Not available

Part Number	Maximum Supported Speed	Local Switching Latency with	Brocade SAN Automation and Fabric Vision	Fabric-Based Analytics	Traffic Optimizer and Congestion Management
Brocade X7 Directors	64G	460ns	Available	Available	Available
Brocade X6 Directors	32G	780ns	Available	N / A	N / A

Zdroj: Broadcom (2023)

3.2.3 Cisco

Cisco Systems, Inc., je americká nadnárodní korporace technologického konglomerátu se sídlem v San Jose v Kalifornii.[14] Firma vyvíjí, vyrábí a prodává síťový hardware, software, telekomunikační zařízení a další špičkové technologické služby a produkty a specializuje se na specifické technologické trhy, jako je internet věcí (IoT), zabezpečení domén, videokonference a správa energie s předními produkty včetně Webex, OpenDNS, Jabber, Duo Security a Jasper. Produkty a služby společnosti Cisco jsou široké.

Cisco poskytuje IT produkty a služby v pěti hlavních technologických oblastech:

[14] CISCO. *About Cisco*. [cit. 2023-02-02].
Dostupné z https://www.cisco.com/c/en/us/about.html

- sítě (včetně Ethernetu, optické sítě, bezdrátového připojení a mobility),
- zabezpečení,
- spolupráce (včetně hlasu, videa a dat),
- datová centra,
- internet věcí.[15]

Cisco se stalo v posledních třech desetiletích populární v asijsko-pacifickém regionu, dále je dominantním prodejcem na australském trhu s vedoucím postavením ve všech segmentech trhu. Svou australskou pobočku využívá jako jedno z hlavních ředitelství pro asijsko-pacifický region. V rámci své iniciativy Tactical Operations provozuje Cisco několik Network Emergency Response Vehicles (NERV).

Cisco UCS Director je heterogenní platforma pro privátní cloud Infrastructure as a Service (IaaS). Podporuje celou řadu hypervizorů spolu se servery Cisco a třetích stran, sítí, úložištěm, konvergovanou a hyperkonvergovanou infrastrukturou napříč prostými a virtualizovanými prostředími. Cisco UCS Director nabízí možnost spravovat virtuální a fyzickou infrastrukturu a virtualizační prostředky z jediného samoobslužného webového portálu. Toto zařízení provozně integruje infrastrukturu datového centra a řeší časově náročné, manuální a složité procesy, které zatěžují IT organizace. Cisco UCS Director automatizuje end-to-end IT procesy a abstrahuje složitost jednotlivých zařízení, hypervizorů a virtuálních strojů do graficky zobrazitelného a snadno ovladatelného kontextu. Umožňuje poskytování zdrojů napříč virtualizačními, výpočetními, síťovými a úložnými vrstvami pomocí jediného webového přístupu.

Cisco UCS Director poskytuje řízení přístupu na základě rolí, které lze přizpůsobit organizační struktuře společnosti pro různé typy uživatelů IT. Provozní týmy IT odpovědné za nastavení a údržbu infrastruktury mají k dispozici řídicí panely zobrazující stav a využití systému. Administrátoři nebo jiní oprávnění uživatelé mohou definovat zásady a oprávnění pro datové centrum jako celek nebo pro konkrétní domény a zdroje napříč výpočetní technikou, sítí a úložištěm. Vlastníkům aplikací mimo hlavní IT organizaci může být také

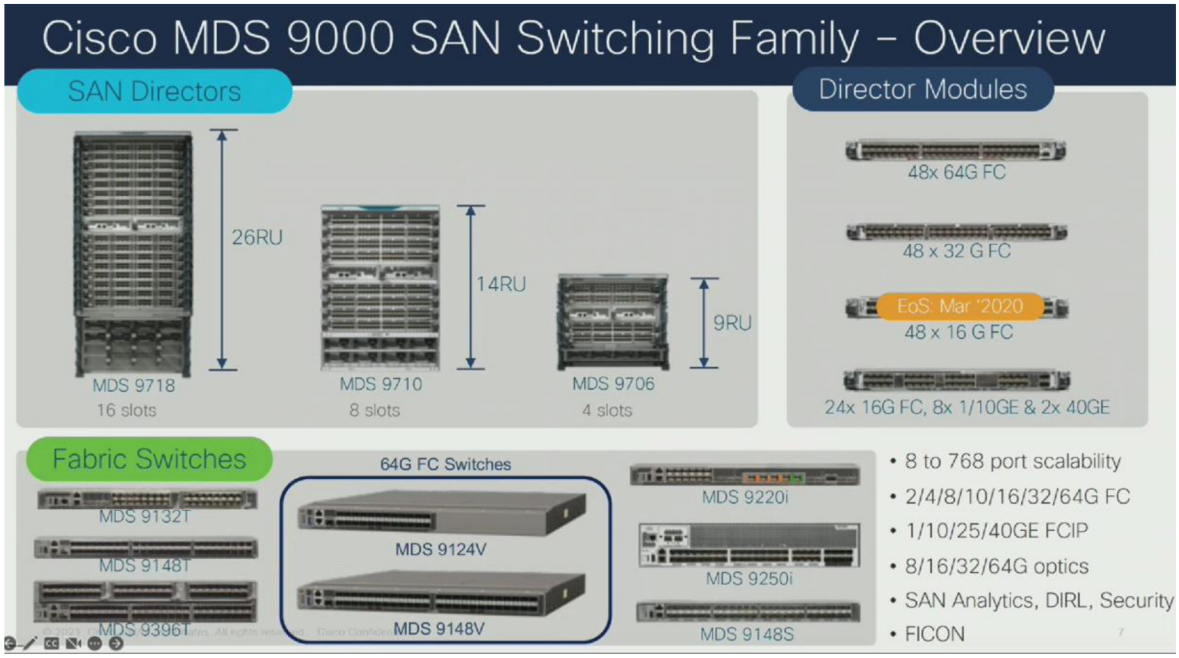
[15] About Cisco. *Cisco.com* [online]. [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://www.cisco.com/c/en/us/about.html

udělen přístup k samoobslužné konzoli, aby mohli požadovat a používat infrastrukturu podle zásad a oprávnění definovaných IT organizací.[16]

Přepínače Cisco Catalyst 9400 Series jsou hlavní modulární platformou pro přepínání podnikového přístupu společnosti Cisco a jako součást rodiny Catalyst 9000 jsou navrženy, aby transformovaly síť tak, aby zvládla hybridní svět.

Přepínače Cisco Catalyst® řady 9400 jsou modulární, přístupové, distribuční platformy společnosti Cisco vytvořené pro zabezpečení, IoT a cloud. Tyto přepínače tvoří základní stavební blok pro SD-Access – hlavní podnikovou architekturu Cisco. Přepínače Cisco Catalyst 9300 Series jsou přední stohovatelné přepínací platformy Cisco, které jsou jako součást rodiny Catalyst 9000 navrženy tak, aby transformovaly síť tak, aby zvládla hybridní svět.

Obrázek 6 Cisco MDS 9000 produktové portfolio



Zdroj: Cisco (2023)

[16] CISCO. *Cisco UCS Director*. [cit. 2023-02-02].
Dostupné z: https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/servers-unified-computing/ucs-director/datasheet-c78-730830.pdf

3.3 ISCSI

ISCSI je dalším typem sítě, která je určená k propojení serverů se sdíleným úložištěm. Může běžet rychlostí až 100 Gbps, nicméně operátorům datových center poskytuje několik zjednodušení. ISCSI spojuje tradiční SCSI blokové datové a příkazové pakety s běžnou síťovou technologií Ethernet a síťovým protokolem TCP/IP. To umožňuje sítím ISCSI používat stejnou kabeláž, stejné síťové adaptéry, stejné přepínače i další síťové komponenty používané v jakékoli síti Ethernet. ISCSI může často fungovat na stejné LAN (i bez samostatné LAN) a může si vyměňovat data přes LAN, WAN i internet. Operační systémy serverů považují ISCSI za další lokálně připojený disk SCSI.

ISCSI funguje pomocí konceptu iniciátora a cíle. Iniciátorem je obvykle server, který se účastní sítě ISCSI SAN a který odesílá SCSI příkazy přes síť IP. Iniciátory mohou být softwarové (v podobě operačního systému) nebo hardwarové (v podobě a formě úložiště). Cílem je úložiště, které je připojeno k síti, ale může jím být i jiný počítač.[17]

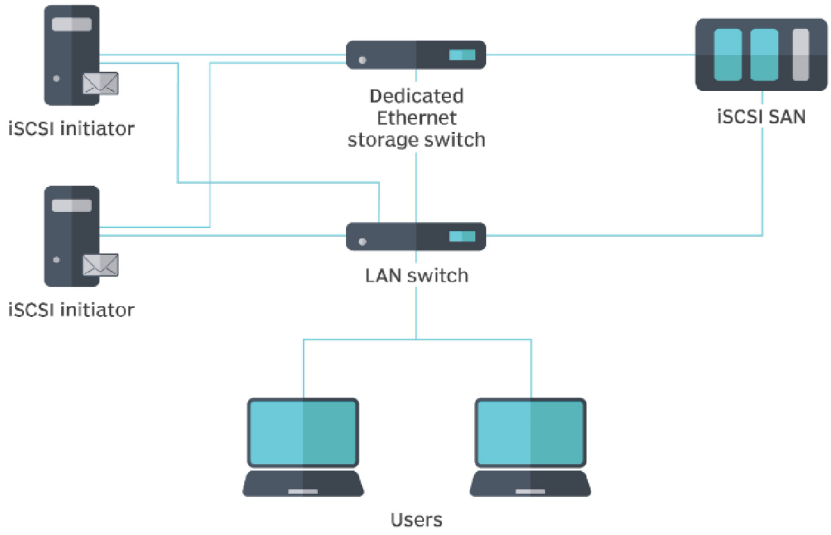
Protokol umožňuje klientům odesílat příkazy SCSI (CDB) do úložných zařízení (cílů) na vzdálených serverech. SAN firmám umožňuje konsolidovat úložiště do úložných polí a zároveň poskytuje klientům (jako jsou databáze a webové servery) iluzi lokálně připojených disků SCSI. Konkuruje především Fibre Channel, ale na rozdíl od tradičního Fibre Channel, který obvykle vyžaduje vyhrazenou kabeláž, iSCSI lze provozovat na velké vzdálenosti pomocí stávající síťové infrastruktury. iSCSI byl průkopníkem IBM a Cisco v roce 1998 a předložen jako návrh standardu v březnu 2000.

iSCSI umožňuje dvěma hostitelům vyjednávat a vyměňovat si příkazy SCSI pomocí sítí internetového protokolu (IP). Tímto způsobem využívá iSCSI oblíbenou vysoce výkonnou sběrnici místního úložiště a emuluje ji v širokém spektru sítí, čímž vytváří síť úložiště (SAN). Na rozdíl od některých protokolů SAN nevyžaduje iSCSI žádnou vyhrazenou kabeláž; může být provozován přes stávající IP infrastrukturu. V důsledku toho je iSCSI často považováno za levnou alternativu k Fibre Channel, která vyžaduje vyhrazenou infrastrukturu s výjimkou její FCoE (Fibre Channel over Ethernet) formy. Výkon nasazení iSCSI SAN však může být vážně snížen, pokud není provozován ve vyhrazené síti nebo podsíti kvůli konkurenci o pevnou šířku pásma.

---

[17] SYNOLOGY.COM. *Jak začít používat cílovou službu iSCSI Target na zařízení Synology NAS*. 2021. Dostupné online z https://kb.synology.com/cs-cz/DSM/tutorial/How_to_use_the_iSCSI_Target_service_on_Synology_NAS

Obrázek 7 Topologie iSCSI



Zdroj: Raffo (2023)

Iniciátoři a cíle iSCSI si navzájem prokazují svou identitu pomocí protokolu CHAP a mechanismu, který zabraňuje tomu, aby se hesla přenášela prostým textem. CHAP je sám o sobě zranitelný vůči slovníkovým útokům, spoofingu a reflexním útokům. Při pečlivém dodržování osvědčených postupů pro používání CHAP v rámci iSCSI se prostor pro útoky a rizika výrazně omezí.[18]

Stejně jako u všech protokolů založených na IP, může IPsec fungovat na síťové vrstvě. Vyjednávací protokol iSCSI je navržen tak, aby vyhovoval dalším schématům ověřování.

I když lze iSCSI logicky izolovat od obecné sítě pouze pomocí VLAN, stále se neliší od jakéhokoli jiného síťového zařízení a může používat jakýkoli kabel nebo port, pokud existuje dokončená signálová cesta mezi zdrojem a cílem. Chyba v kabeláži způsobená síťovým technikem může narušit bariéru logického oddělení a náhodné přemostění nemusí být okamžitě detekováno, protože nezpůsobuje chyby sítě.

Aby se iSCSI dále odlišilo od běžné sítě a předešlo se chybám v kabeláži při změně připojení, mohou administrátoři implementovat standardy barevného kódování a označování,

[18] TAYLOR, Christine. What Is iSCSI and How Does It Work?. *Enterprisestorageforum.com* [online]. 2019, 23.5.2019 [cit. 2022-08-12].
Dostupné z: https://www.enterprisestorageforum.com/hardware/what-is-iscsi-and-how-does-it-work/

například používat pouze žlutě zbarvené kabely pro připojení iSCSI a pouze modré kabely pro běžná připojení.[19]

Zatímco iSCSI by mohlo být implementováno jako pouhý shluk portů VLAN na velkém víceportovém přepínači, který se také používá pro obecné použití v síti, správce se může místo toho rozhodnout použít fyzicky oddělené přepínače vyhrazené pouze pro iSCSI VLAN, aby dále zabránil možnosti nesprávně připojený kabel zapojený do nesprávného portu přemosťující logickou bariéru.[20]

Díky kombinaci SCSI, Ethernetu a TCP/IP nabízí iSCSI následující výhody:

1) Protože je iSCSI postaveno na stabilních a známých standardech, většina IT personálu je s touto technologií obeznámena.
2) iSCSI samo osobě již vytváří SAN, což snižuje celkové náklady na vlastnictví (TCO). Protože se systémy SAN snadno instalují a vyžadují méně údržby díky zapojení TCP/IP, odpadá potřeba najímání specializovaného personálu.
3) Neexistují žádná praktická omezení vzdálenosti.
4) Nasazení iSCSI nabízí vysoký stupeň interoperability. Snižuje počet nesourodých sítí a kabeláže prostřednictvím ethernetových přepínačů namísto specializovaného hardwaru přepínačů Fibre Channel (FC), které jsou cenově náročné.
5) Na rozdíl od optického kanálu iSCSI nepracuje přes samostatný síťový protokol. Přenáší data pomocí protokolu TCP/IP přes známé ethernetové sítě, které podporují síťový provoz v datových centrech.
6) Pro nasazení iSCSI SAN není potřeba velká investice do nové síťové technologie. Některá nasazení vyhrazených sítí nebo podsítí iSCSI maximalizují šířku pásma dostupnou pro úložiště. iSCSI síť se běžně nasazuje na rychlém Ethernetu.
7) Protokol iSCSI podporuje různé funkce pro zlepšení zabezpečení a výkonu (deduplikace apod.)[21]

---

[19] TAYLOR, Christine. What Is iSCSI and How Does It Work?. *Enterprisestorageforum.com* [online]. 2019, 23.5.2019 [cit. 2022-08-12].
Dostupné z: https://www.enterprisestorageforum.com/hardware/what-is-iscsi-and-how-does-it-work/

[20] What is Internet Small Computer System Interface (iSCSI). *Stonefly.com* [online]. [cit. 2022-08-12].
Dostupné z: https://stonefly.com/blog/what-is-internet-small-computer-system-interface-iscsi

[21] What is Internet Small Computer System Interface (iSCSI). *Stonefly.com* [online]. [cit. 2022-08-12].
Dostupné z: https://stonefly.com/blog/what-is-internet-small-computer-system-interface-iscsi

SAN je v podstatě síť, která je určena k propojení serverů s úložištěm. Základním smyslem SAN sítě je přesunout datová úložiště uložená v jednotlivých serverech a přenést je do sdíleného centrálního uložiště, kde mohou být tato data centrálně spravována a chráněna. Centralizaci lze provést fyzicky, například umístěním disků do vyhrazeného úložného subsystému typu datové pole nebo logicky prostřednictvím softwaru typu VMware vSAN, který spoléhá na virtualizaci úložiště.

Přenosem do SAN lze zrychlit provoz úložiště, které již nemusí soupeřit o šířku pásma se servery v rámci LAN. Firemní systémy a aplikace tak mohou potenciálně získat rychlejší přístup k datům.

Architektura SAN je obecně vnímána jako struktura tří vrstev, kterými jsou hostitelská vrstva, síťová vrstva a úložná vrstva. Každá vrstva má své vlastní komponenty a vlastnosti.

3.4 Hostitelská vrstva

Hostitelskou vrstvu tvoří servery, které jsou připojené k síti SAN a na kterých běží firemní systémy, vyžadující přístup k datovému úložišti. Hostitelé SAN používají k propojení s operačním systémem serveru adaptéry hostitelské sběrnice (HBA) a samostatné síťové adaptéry určené pro přístup k síti SAN, což jim umožňuje posílat příkazy a získávat data z úložiště v sítí SAN pomocí prostředků operačního systému.

Hostitelé obvykle využívají tradiční komponenty LAN umožňující serveru komunikovat s ostatními servery i uživateli. Hostitelé SAN obsahují samostatný síťový adaptér, který je vyhrazen pro přístup k síti SAN. Síťovému adaptéru používanému pro většinu sítí FC SAN se říká adaptér hostitelské sběrnice (HBA). Stejně jako většina síťových adaptérů využívá firmware k ovládání hardwaru HBA a ovladač zařízení, který propojuje HBA s operačním systémem serveru. Fibre Channel je jednou z nejpopulárnějších a nejvýkonnějších dostupných technologií SAN, ale mezi další široce přijímané technologie SAN patří například InfiniBand a ISCSI.

Každá technologie má vlastní pořizovací náklady a současně je u ní potřeba počítat s různými kompromisy, takže firma, která si vybírá SAN technologii, musí při výběru

pečlivě zvážit své pracovní zatížení a své požadavky na datové úložiště. Všechny SAN vrstvy musí používat a sdílet stejnou technologii SAN.[22]

3.5 Síťová vrstva

Síťovou vrstvu fyzicky představuje kabeláž a síťová zařízení, která tvoří síťovou strukturu, jež propojuje hostitele SAN s úložištěm. Síťovými zařízeními SAN v této vrstvě mohou být přepínače SAN, brány, směrovače apod. Kabeláž a odpovídající porty zařízení SAN mohou využívat propojení optickými vlákny pro síťovou komunikaci na dlouhé vzdálenosti nebo mohu být připojeny tradičními měděnými kabely pro lokální síťovou komunikaci. Dostupnost dat ze SAN zajišťuje více alternativních cest od hostitele k úložišti napříč sítí. Obecně lze říci, že k SAN síti bývá realizováno více síťových připojení, aby bylo zajištěno více komunikačních cest. Pokud je jedna cesta poškozena nebo narušena, pro komunikaci se SAN se použije alternativní cesta.[23]

3.6 Úložná vrstva

Úložná vrstva je složena z odlišných úložných zařízení hierarchicky propojených do různých vrstev. V úložišti jsou obvykle tradiční magnetické HDD disky, ale může obsahovat také SSD disky spolu se zařízeními optických médií jako jsou jednotky CD, DVD nebo páskové jednotky. Většina úložných zařízení v rámci SAN úložiště je organizována do fyzických RAID skupin, které lze použít ke zvýšení kapacity úložiště a/nebo ke zlepšení spolehlivosti úložiště. Logickým entitám úložiště typu RAID nebo diskovým oddílům se přiřazují jedinečné LUN názvy, které slouží obdobně jako písmena diskových jednotek (například C nebo D). Každý hostitel SAN může přistupovat k libovolné jednotce LUN. Uspořádání zdrojů úložiště a určení entit úložiště je konfigurovatelné.

Firma si muže nastavit, který hostitel bude přistupovat ke které konkrétní logické jednotce LUN, což firmě současně umožní tato úložiště kontrolovat. Existují dva základní způsoby řízení oprávnění SAN, kterými jsou maskování LUN a zónování. Maskování je v podstatě

---

[22] PURESTORAGE.COM. *What Is a Storage Area Network (SAN) and How Does It Work?* [cit. 2023-01-22].
Dostupné online z https://www.purestorage.com/knowledge/what-is-storage-area-network.html

[23] Tamtéž PURESTORAGE.COM

seznam jednotlivých LUN, které jsou nedostupné nebo by k nim neměl mít přístup SAN hostitel. Zónování naopak řídí přístup hostitele k LUN konfigurací ve struktuře úložiště a omezuje přístup hostitele k úložným LUN, které jsou ve schválené SAN zóně.[24]
SAN využívá také různé protokoly, které umožňují operace s daty. Nejběžnějším protokolem je Fibre Channel Protocol (FCP), který mapuje příkazy SCSI přes technologii Fibre Channel. Sítě ISCSI SAN využívají protokol ISCSI, který mapuje příkazy SCSI přes TCP/IP. Existují také další protokoly, jako například ATA over Ethernet, který mapuje příkazy úložiště ATA přes Ethernet, Fibre Channel over Ethernet (FCoE) nebo iFCP, který mapuje FCP přes IP. Technologie SAN často podporují více protokolů, což pomáhá zajistit, aby všechny vrstvy, operační systémy a aplikace byly schopny efektivně komunikovat.

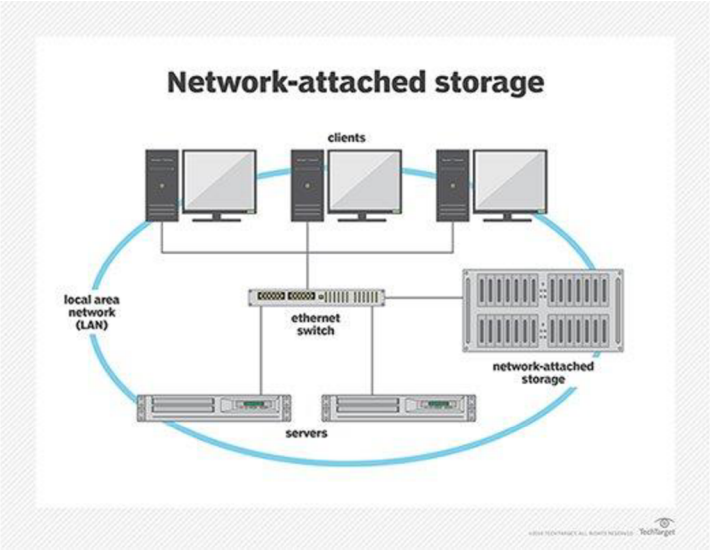
3.7 Network Attached Systems

Network Attached Systems (NAS) je vysokokapacitní úložné zařízení připojené k síti, které umožňuje autorizovaným uživatelům sítě a klientům ukládat a získávat data z centralizovaného umístění.[25]
Zařízení NAS je v zásadě schránkou pro pevné disky se soubory, které mají být sdíleny a autorizovány. Protože zařízení NAS používá technologii Redundant Array of Independent Disks (RAID), může distribuovat a duplikovat uložená data na více pevných discích. Tato redundance zajišťuje různou míru vyšší odolnosti dat v případě jakéhokoliv selhání disku. Systémy NAS jsou všestranné, flexibilní a škálovatelné, takže je lze přidávat i ke stávajícím řešením, pokud kontinuálně nebo skokově rostou firemní potřeby a požadavky na uložiště. Mohou to být předem osazené disky nebo mohou být bezdiskové, mívající jeden nebo dva porty USB, takže je k nim možné připojit tiskárny nebo externí úložné jednotky. Zařízení NAS běží na libovolné platformě a libovolném operačním systému. Jde o balíček hardwaru a softwaru s vestavěným (nezávislým) operačním systémem. Zařízení NAS často kombinuje síťovou kartu s řadičem úložiště a má několik pozic pro jednotky + napájecí zdroj. Zařízení bývají osazena dvěma až pěti pevnými disky pro zajištění redundance. NAS je často

[24] PURESTORAGE.COM. *What Is a Storage Area Network (SAN) and How Does It Work?* [cit. 2023-01-22].
Dostupné online z https://www.purestorage.com/knowledge/what-is-storage-area-network.html
[25] LUTKEVICH, B. *Network-attached storage (NAS).* [cit. 2023-01-22].
Dostupné online z https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/network-attached-storage

považován za mini-server, jehož řadič spravuje disky pro ukládání, nicméně jako plnohodnotný server nefunguje.[26]

Obrázek 8 Network Attached Storage



Zdroj: Bigelow (2023)

V základním pojetí je NAS zařízení, které se přímo připojuje k síti buď pomocí pevného ethernetového kabelu (RJ45) nebo přes Wi-Fi, čímž vytváří LAN místo WAN. Zařízení je přidělena IP adresa a přenos dat mezi uživateli, servery a NAS probíhá přes TCP/IP. NAS pracuje s tradičním souborovým systémem New Technology File System (NTFS) nebo NFS pro vzdálené souborové služby a sdílení dat. Ke všem úložištím v zařízení přistupují uživatelé na úrovni souborů prostřednictvím sdílení souborů.
Zařízení NAS poskytují sdílená úložiště formou síťových svazků a pro převzetí služeb při selhání je možné je spojit do sdíleného clusteru, který umožňuje všem uzlům přístup ke stejným datům.[27]

NAS se skládá z těchto prvků:

---

[26] LUTKEVICH, B. *Network-attached storage (NAS).* [cit. 2023-01-22].
Dostupné online z https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/network-attached-storage

[27] SEAGATE.COM. *What is NAS (Network Attached Storage) and Why is NAS Important for Small Businesses?* [cit. 2023-01-22].
Dostupné online z https://www.seagate.com/tech-insights/what-is-nas-master-ti/

- **hardware** (server, který obsahuje úložné disky nebo jednotky, procesory a RAM, přenáší dva typy požadavků, kterými jsou ukládání dat a sdílení souborů),
- **software** (předem nakonfigurované a nainstalované úložiště na hardwaru, které je nasazeno na odlehčeném operačním systému zabudovaném v hardwaru),
- **síťový přepínač** (uživatelé přistupují k přenosovým protokolům prostřednictvím přepínače, který je ve funkci centrálního serveru),
- **protokoly** (protokol řízení přenosu kombinuje soubory do paketů a odesílá je prostřednictvím internetových protokolů).

Systémy NAS jsou oblíbenou volbou datových úložišť pro firmy, protože jsou efektivní, škálovatelné a představují nízkonákladová úložná řešení. Pomocí systémů NAS mohou uživatelé snadno spolupracovat, protože data jsou jim neustále přístupná.[28]
Volba a výběr konkrétního NAS úložiště (před jinými řešeními) závisí často na aktuálních obchodních požadavcích firmy na zálohování a obnovu dat.

Mezi výhody používání NAS pro obchodní potřeby patří například:

- **rychlost** (zařízení připojené k síti LAN je schopné ukládat, přenášet i zálohovat soubory mnohem rychleji),
- **kontrola** (používání NAS znamená, že firmy nemusí používat k ukládání dat třetí stranu, což jim umožňuje mít úplnou kontrolu a přístup ke svým datům),
- **snadné použití** (NAS je již léta známou technologií, jeho nastavení je jednoduché. Zařízení NAS mívají předinstalované zjednodušené skripty a/nebo zjednodušené operační systémy),
- **snadný přístup** (protože NAS zařízení bývají ve vyhrazené síti, mohou uživatelé přistupovat k datům odkudkoli a jeho provoz není závislý na případných přerušeních internetových služeb.

NAS je více než jen centralizované úložiště, které poskytuje uživatelům data. Zařízení NAS pomáhá vyrovnávat zátěže, zvyšuje odolnost e-mailových a webových serverů proti chybám. Cena zařízení NAS v posledních letech prudce klesla. Domácím spotřebitelům nabízí

[28] Tamtéž

flexibilní síťové úložiště, které stojí jen o něco více, než je cena běžného USB nebo FireWire externího pevného disku. Mnoho domácích spotřebitelských zařízení je postaveno na procesorech ARM, x86 nebo MIPS s vestavěným operačním systémem Linux.[29]

3.7.1 Implementace NAS

Server DNS

Domain Name System (DNS) je hierarchický a decentralizovaný systém pojmenování používaný k identifikaci počítačů dosažitelných prostřednictvím internetu nebo jiných sítí internetového protokolu. Záznamy obsažené v DNS přiřazují názvy domén k jiným formám informací. Ty se nejčastěji používají k mapování lidsky přívětivých názvů domén na číselné adresy IP, které počítače potřebují k vyhledání služeb a zařízení pomocí základních síťových protokolů.

Systém názvů domén je zodpovědný za překlad doménových jmen na konkrétní IP adresu, aby mohl iniciující klient načíst požadované internetové zdroje. Systém doménových jmen funguje podobně jako telefonní seznam, kde mohou uživatelé vyhledat požadovanou osobu a získat její telefonní číslo. Servery DNS překládají požadavky na konkrétní domény na adresy IP a řídí, kteří uživatelé serveru mají přístup, když zadají název domény do svého prohlížeče. Účelem DNS je přeložit doménové jméno na příslušnou IP adresu. To se provádí vyhledáním DNS záznamů požadované domény. Tento proces vyhledávání DNS má obvykle osm kroků, které sledují cestu informací z původního webového prohlížeče na server DNS a zpět. V praxi se informace DNS často ukládají do mezipaměti, aby se zkrátila doba odezvy vyhledávání DNS.[30]

Server VPN

Virtuální privátní síť (VPN) rozšiřuje privátní síť přes veřejnou síť a umožňuje uživatelům odesílat a přijímat data přes sdílené nebo veřejné sítě, jako by jejich výpočetní zařízení byla přímo připojena k privátní síti. Mezi výhody VPN patří zvýšení funkčnosti, zabezpečení a správy privátní sítě. Poskytuje přístup ke zdrojům, které jsou ve veřejné síti nedostupné,

---

[29] SEAGATE.COM. *What is NAS (Network Attached Storage) and Why is NAS Important for Small Businesses?* [cit. 2023-01-22].
Dostupné online z https://www.seagate.com/tech-insights/what-is-nas-master-ti/

[30] MYRASECURITY. *What is DNS?* [cit. 2023-02-02].
Dostupné z: https://www.myrasecurity.com/en/what-is-dns/

a obvykle se používá pro vzdálené pracovníky.

VPN je vytvořena navázáním virtuálního připojení typu point-to-point pomocí vyhrazených okruhů nebo pomocí tunelovacích protokolů přes existující sítě. VPN dostupná z veřejného internetu může poskytnout některé z výhod rozlehlé sítě (WAN). Z pohledu uživatele lze ke zdrojům dostupným v rámci privátní sítě přistupovat vzdáleně. VPN nefungují jako komplexní antivirový software. I když chrání IP a šifrují internetovou historii, připojení VPN nechrání počítač před vniknutím zvenčí. Šifrování je u VPN běžné, i když není nedílnou součástí připojení VPN.[31]

Hyperbackup

Hyper Backup umožňuje zálohovat různé druhy dat na zařízení Synology NAS, ručně nebo podle plánu. Zálohovaná data je možné ukládat do místních sdílených složek, vzdálených serverů a veřejných cloudů.

3.7.2 Shrnutí rozdílů mezi SAN a NAS

Existují dva hlavní typy síťových úložišť, kterými jsou NAS a Storage Area Network (SAN). NAS i SAN byly vyvinuty pro současné zpřístupnění uložených dat většímu počtu uživatelů. Každý z těchto systémů poskytuje uživatelům vyhrazené úložiště, nicméně oba systémy fungují na zcela odlišných principech.

Zařízení NAS je relativně cenově dostupné zařízení s jedním úložištěm, které pracuje se soubory přes interní síť. Zařízení se snadno nastavuje. SAN je oproti tomu propojená síť více různých zařízení, jejichž nastavení a správa je o něco složitější. Z uživatelského hlediska je největší rozdíl mezi nimi v tom, že NAS se stará o nestrukturovaná data, včetně zvuku, videa, webových stránek, textových souborů a dokumentů MS Office, zatímco sítě SAN zpracovávají strukturovaná data.[32]

Systémy se odlišují svým fungováním. Oba spravují I/O požadavky, ale NAS je zpracovává pro jednotlivé soubory, zatímco SAN je zpracovává pro souvislé bloky dat. Každý systém

---

[31] EMPEY, Charlotte a Nica LATTO. What Is a VPN & How Does It Work?. 2022. [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://www.avast.com/c-what-is-a-vpn

[32] LEVENS, S. *What's the Diff: NAS vs. SAN.* 2021.
Dostupné online z https://www.backblaze.com/blog/whats-the-diff-nas-vs-san/

používá jiný protokol pro přesun provozu: NAS používá protokol TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), zatímco SAN může používat protokol FC pro úložné sítě nebo protokol ISCSI založený na Ethernetu.
Systémy se také liší v tom, jak je vidí klientské operační systémy. NAS se jeví jako jediné zařízení spravující jednotlivé soubory, zatímco SAN (SAN) je na disku prezentován jako samotný klientský OS. SAN systémy často spravují kritické obchodní databáze firem (jejich pořízení je dražší), zařízení NAS proti tomu představují využití pro „ekonomickou třídu“.[33]

3.8 Direct Attached Storage

Direct-attached storage neboli DAS je úložný systém, který se připojuje přímo k osobnímu počítači, pracovní stanici nebo serveru, ale není připojen k síti. Protože je server DAS připojen pouze k jednomu počítači nebo serveru (může být interní nebo externí), není přístupný jiným počítačům, pokud se k němu nepřipojí prostřednictvím hostitelského počítače.
DAS se obvykle používá pro interní úložiště v osobních počítačích a serverech ve formě jednotky pevného disku (HDD) nebo jednotky SSD (solid-state drive) a je přímo připojené k základní desce. Externí úložiště, jako jsou zařízení USB (Universal Serial Bus) a externí pevné disky, se také považují za přímo připojená paměťová zařízení.[34]

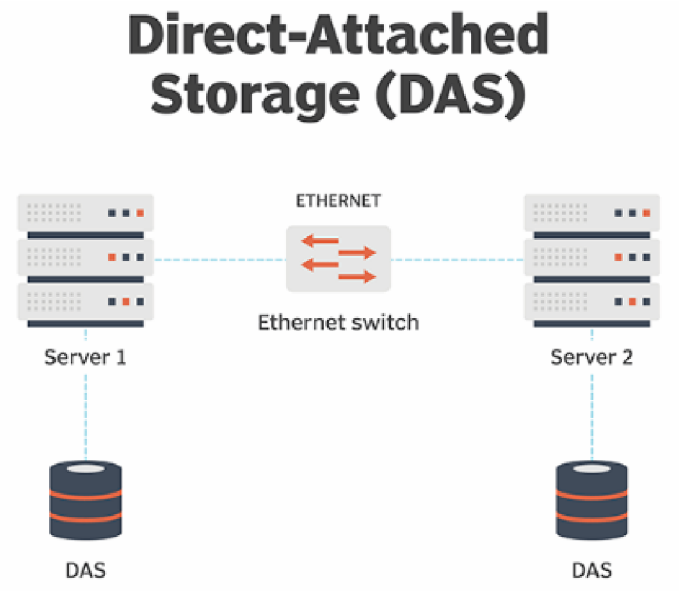
DAS lze použít jako souborové servery v malých a středních podnicích (SMB) a v datových centrech jako soukromé úložiště připojené k dedikovaným serverům. Větší podniky někdy používají DAS se síťovými úložnými systémy, jako jsou SAN a NAS.
DAS se používá tehdy, když je potřeba vysoký výkon a velké množství úložné kapacity. Je to praktická volba úložiště pro malé a střední podniky, které potřebují jednoduché úložné

[33] LEVENS, Skip. What’s the Diff: NAS vs. SAN. *Backblaze.com* [online]. 2021, 14.1.2021 [cit. 2022-08-08].
Dostupné z: https://www.backblaze.com/blog/whats-the-diff-nas-vs-san/

[34] SHELDON, Robert. Direct-attached storage (DAS). *Techtarget.com* [online]. [cit. 2022-08-08].
Dostupné z: https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/direct-attached-storage

systémy a nepotřebují sdílet data napříč organizací. Externí DAS lze rozšířit za nízkou cenu ve srovnání s jinými řešeními úložiště jako jsou SAN a NAS.[35]

Obrázek 9 Direct Attached Storage



Zdroj: Sheldon (2023)

DAS může být interní nebo externí a pro připojení k hostitelskému počítači nebo serveru nevyžaduje síťové připojení. Interní DAS může být úložné zařízení připojené interně k serveru nebo osobnímu počítači pomocí vysokorychlostního adaptéru hostitelské sběrnice (HBA).[36]

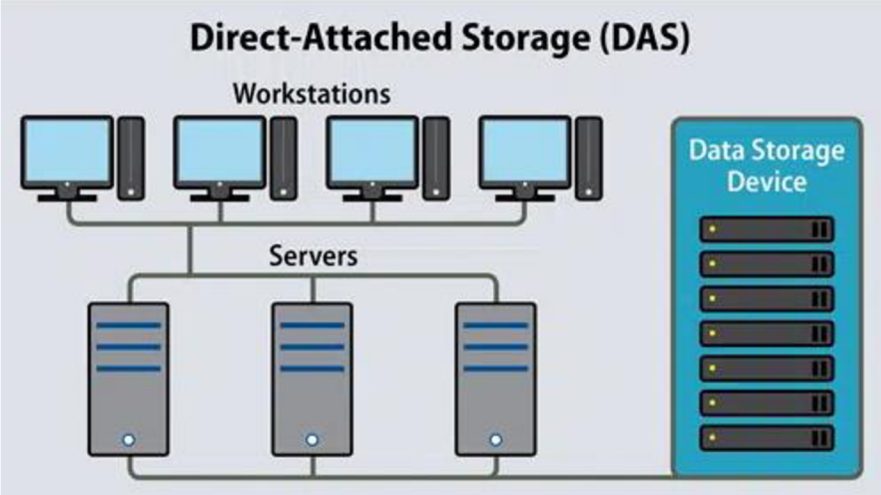
Ideální řešení DAS je navrženo pro vysokou úroveň redundance a výkonu. Pro větší škálovatelnost by řešení mělo podporovat více pevných disků pro rozšíření úložné kapacity, RAID s redundantními hardwarovými komponentami a flashová úložná pole. Flash úložiště je mnohonásobně rychlejší než pevné disky. Klíčový rozdíl mezi DAS a NAS spočívá v tom, že úložiště DAS nezahrnuje žádný síťový hardware a související operační prostředí, které by poskytovalo možnost sdílení úložných zdrojů nezávisle na hostiteli, takže je dostupné pouze prostřednictvím hostitele, ke kterému je DAS připojen. DAS je obvykle považován za

[35] Tamtéž

[36] What Is Direct Attached Storage (DAS) and How Does It Work? *Purestorage.com* [online]. [cit. 2022-08-08].
Dostupné z: https://www.purestorage.com/knowledge/what-is-direct-attached-storage.html

rychlejší než NAS kvůli nižší latenci v typu hostitelského připojení, ačkoli současná propustnost sítě a přímé připojení obvykle převyšuje nezpracovaný výkon čtení/zápisu samotných úložných jednotek. SAN má více společného s DAS než s NAS.[37]

Obrázek 10 Direct Attached Storage



Zdroj: Rubens (2019)

Výhody DAS:

1) **Snadné nastavení:** jak interní, tak externí řešení DAS se snadno nastavují, konfigurují a přistupují k nim. Interní přímo připojené úložiště je předinstalované v novém počítači nebo serveru a lze jej okamžitě používat. Externí úložiště typu plug-and-play lze používat, jakmile je připojeno pomocí portu USB.
2) **Nízká cena:** na rozdíl od NAS a SAN nevyžaduje DAS ke spuštění a správě úložného systému žádný hardware ani software, což z něj činí velmi dostupnou volbu ve srovnání s NAS a SAN, které pro provoz a správu úložného systému vyžadují hardware a software.
3) **Vysoký výkon**: protože úložiště je přímo připojeno k hostitelskému počítači DAS, může DAS poskytovat rychlý přístup k datům a podporovat vysoce výkonné I/O

[37] What Is Direct Attached Storage (DAS) and How Does It Work? *Purestorage.com* [online]. [cit. 2022-08-08].
Dostupné z: https://www.purestorage.com/knowledge/what-is-direct-attached-storage.html

operace. A protože není připojen k síti, systém DAS není ovlivněn problémy s šířkou pásma nebo latencí sítě.[38]

Nevýhody DAS:

1) **Omezená dostupnost**: úložiště s přímým připojením je přístupné pouze aplikacím spuštěným na počítači nebo serveru, ke kterému je připojen server DAS. Vzhledem k tomu, že ke sdílení zdrojů úložiště nepoužívá síťový hardware, úložiště není přístupné jiným skupinám uživatelů v síti, což může ovlivnit produktivitu a spolupráci.
2) **Omezená škálovatelnost:** DAS může být obtížné škálovat, protože možnosti jsou omezeny počtem interních pozic pro jednotky, kapacitou externích zařízení DAS a dostupností externích portů na jednotlivých zařízeních.
3) **Žádná centrální správa a zálohování:** DAS neposkytuje žádné mechanismy pro centrální správu a zálohování. To je menší problém, když DAS používá jen několik počítačů, ale zajištění dostupnosti a ochrany úložiště DAS se může stát dražší a složitější, protože podniková síť roste.[39]

3.9 Ficon

FICON (Fibre Connection) je název pro protokol ANSI FC-SB-3 Single-Byte Command Code Sets-3 Mapping Protocol for Fibre Channel (FC). Jde o protokol 4. vrstvy Fibre Channel, který se používá k mapování předcházející kabelové infrastruktury a protokolu mezi kanály a řídicími jednotkami IBM na standardní služby a infrastrukturu Fibre Channel. FICON byl představen v roce 1998 jako součást páté generace mainframů IBM System/390. Po roce 2011 FICON nahradil ESCON v nových nasazeních mainframů IBM z důvodu technické převahy FICON (zejména vyššího výkonu) a nižší ceny.

---

[38] PLATZ, Carol. Direct Attached Storage (DAS) Disadvantages & Alternatives. *Lightbitslabs.com* [online]. 2021, 13.10.2021 [cit. 2022-08-08].
Dostupné z: https://www.lightbitslabs.com/blog/direct-attached-storage-disadvantages-and-alternatives/

[39] Tamtéž

FICON je technologie optických kanálů, která zvyšuje kapacitu a snižuje náklady na podnikové připojení k systému. FICON je proprietární vláknový kanál IBM na řízení kabeláže infrastruktury jednotek.

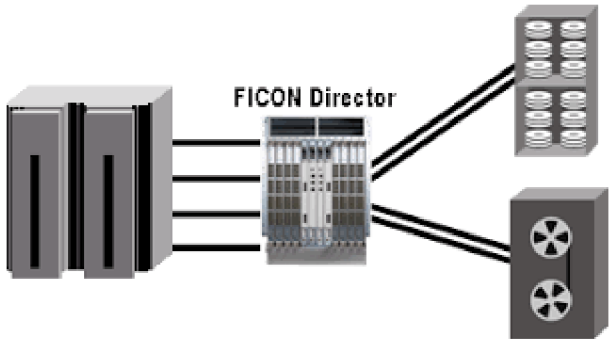
Často se používá s IBM 64-bitovým mainframem, s geograficky dispergovaným paralelním sysplexem (GDPS) i dalšími mainframy, které podporují protokol FCP prostřednictvím příkazů systémového rozhraní SCSI nastaveného přes optický kanál.

FICON zvyšuje vstupní / výstupní schopnosti prostřednictvím rychlejšího fyzického spojení a inovativní architektury. FICON také podporuje starší technologie jako ESCON a paralelní topologie.

Mezi funkce FICON patří:

- přepínače nebo směrovače FC,
- jen jedna požadovaná adresa kanálu,
- flexibilita rozložení sítě s většími geografickými vzdálenostmi,
- řídící jednotky ESCON s funkcí přemostění,
- kompatibilita s kanály na serveru S/390 G5,
- podpora obousměrných přenosů 100 Mb/s až do vzdálenosti 12 mil,
- multiplex podpora údajů s velkými datovými přenosy,
- plně duplexní přenos údajů se současným čtením a zápisem při jediném spojení. (Theastrologypage, 2023)

Obrázek 11 FICON



Zdroj: IBM (2018)

4 Vlastní práce

4.1 Výchozí situace

Obsahem praktické části práce bude návrh implementace SAN v prostředí firmy s využitím Fibre Channel sítě. Praktická část práce naváže na teoretická východiska popsaná v předchozích kapitolách.

Cílem vlastního návrhu je po stručné analýze současné situace ve firmě, která se dotkne i některých interních procesů, díky kterým bude možné identifikovat datový provoz ve firmě, sumarizovat požadavky firmy na nové řešení a v souladu s nimi navrhnout nové řešení, které v maximální možné míře při dodržení základních zásad bezpečnosti (v souladu s firemní security policy) navrhne řešení identifikovaného problému.

Zvoleným postupem realizace návrhu je 6 chronologických kroků:

1. Seznámení se s firmou, její podnikatelskou činností a jejími produkty.
2. Seznámení se s firemními procesy, v jejichž rámci se jakýmkoliv způsobem pracuje s daty (od pořízení, přes ukládání, jejich poskytování, mazání, zálohování apod.).
3. Jednoduché ověření firemní IT infrastruktury.
4. Zjištění interních požadavků na nové řešení.
5. Návrh řešení.
6. Analýza rizik souvisejících s návrhem.
7. Návrh postupu implementace.

Cílem návrhu tedy nebude jen návrh infrastrukturního řešení, ale rovněž návrh jeho implementace do provozu firmy. Samotný návrh i jeho implementace budou respektovat rizika, která budou identifikována v rámci jednoduché analýzy, jejímž cílem bude daná rizika vyhodnotit a navrhnout případná eliminační, mitigační nebo akceptační opatření.

Management firmy, kterému se tato práce věnuje, poskytl řadu interních IT i jiných podkladů se souhlasem jejich využití v rámci této práce, nicméně za striktních podmínek zachování plné anonymity. Z tohoto důvodu nebude v práci firma identifikována a společnost bude dále v textu pojmenována jako Firma. Její zaměstnanci, o kterých se bude práce zmiňovat, budou pojmenováni prostřednictvím svých funkčních rolí a svého zařazení v organizační struktuře firmy.

4.2 Představení firmy

Firma byla založena již v roce 2004, ve kterém uzavřela výhradní smlouvu o obchodním zastoupení velkého rakouského výrobce jehlových polí a kontaktních hrotů pro automobilový průmysl. Jehlová pole jsou přípravky pro testování kabelových svazků a kontaktní hroty jsou přípravky pro manuální i automatizované testování elektrických obvodů v libovolném průmyslu, tedy nejen v automotive.

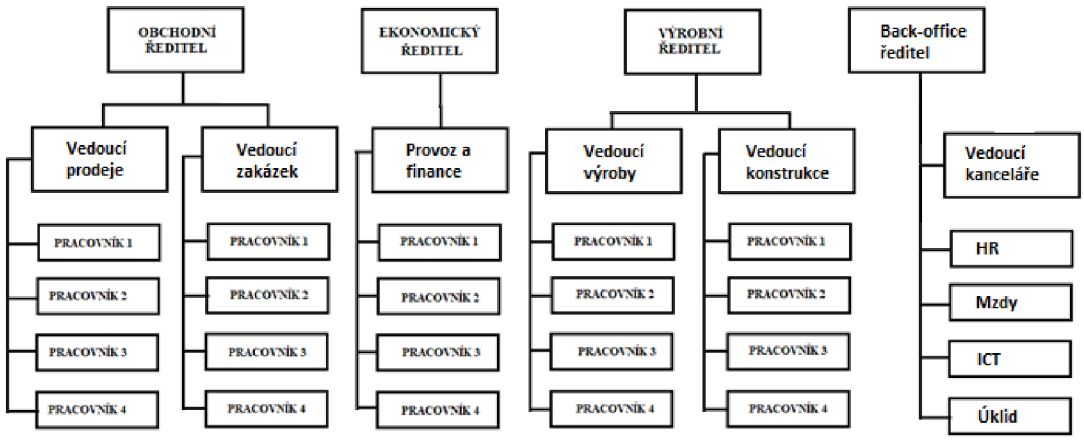
V roce 2006 firma rozšířila svou obchodní činnost, začala na českém trhu prodávat svorky do plošných spojů a paralelně zahájila zakázkovou výrobu na přání svých zákazníků. V roce 2008 firma následně rozšířila prodejní sortiment o směšovací a mixážní lepidla a zařízení.

Management společnosti se v roce 2012 rozhodl koupit pozemek na kraji Prahy, na kterém během dalších 2 let postavil výrobní halu a administrativní budovu jako své nové sídlo. Část administrativní budovy poté pronajal externí společnosti, která v prostorách pod budovu komerčně provozuje datové centrum.

Firma začínala podnikat v roce 2004 jako společnost s ručením omezením se 4 spoluvlastníky. S růstem společnosti a průběžným rozšiřováním prodejního a následně i výrobního sortimentu se firma během dalších let rozrostla na dnešních 242 stálých zaměstnanců a 48 externistů, které si najímá podle potřeby na jednotlivé zakázky. Původní společníci se dnes věnují jen řídící práci v oblastech financí, obchodu a výroby.

Organizační struktura Firmy je 3úrovňová, tedy relativně plochá. Od řadových zaměstnanců po top management má firma jen 3 hierarchické úrovně.

Obrázek 12 Organizační struktura Firmy



Zdroj: vlastní zpracování podle podkladů z firmy

Pro podporu výrobní i obchodní činnosti používá Firma řadu různých informačních systémů pořízených bez technologické IT strategie. Velkou část softwarových aplikací představují jednoúčelové systémy, které byla pořízeny spolu s hardwarem jako celek. Z tohoto důvodu je dnes ve firmě velmi heterogenní prostředí jak z pohledu hardwaru, tak z pohledu operačních systémů, ale i aktivních síťových prvků.

4.3 Produkty firmy

Současný výrobní a prodejní sortiment Firmy dnes tvoří:

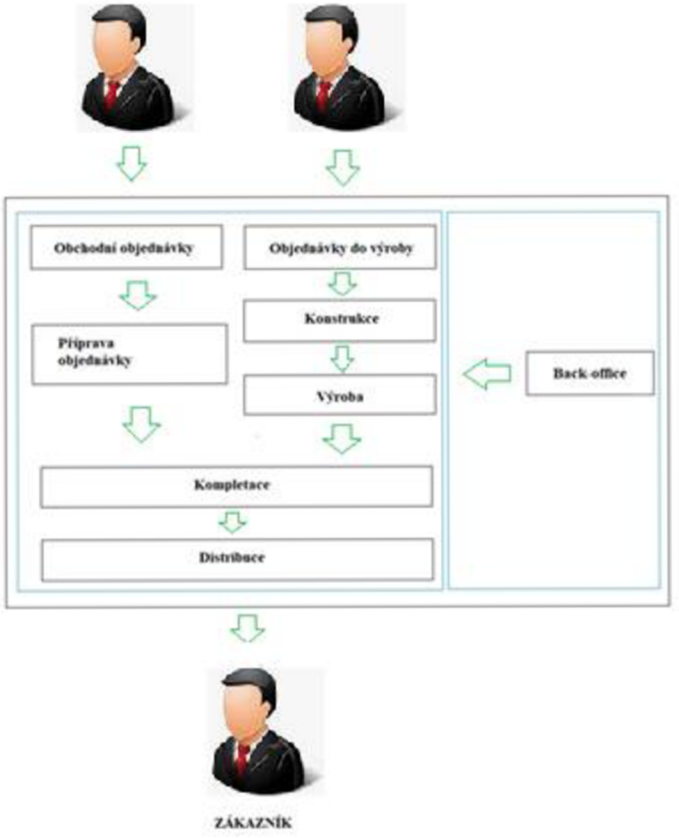
- kontaktní hroty (slouží v testovacích modulech, řídících a kontrolních přípravcích, jehlových polích a v dalších aplikacích), spínací a rozpínací kontaktní hroty. Firma vyrábí pneumatické kontaktní hroty, koaxiální kontaktní hroty, vysokofrekvenční kontaktní hroty, závitové a nezávitové hroty, bateriové kontaktní hroty a push-back kontaktní hroty.
- mixážní systémy a lepidla (včetně směšovacích trubic, jehlových a roztíracích nástavců, dávkovacích pistolí (ručních, elektrických nebo pneumatických), plnících jednotek, stolních dávkovačů apod.),
- svorkovnice a konektory do desek tištěných spojů (pro elektronická zařízení, automobilový a elektrotechnický průmysl. Firma má v nabídce také příslušenství ke svorkovnicím a konektorům jako jsou spojky, propojky, bočnice apod.)
- testery (přípravy a stroje pro tyto typy testů (testy DPS (sestavy pro testování DPS jsou určeny pro hromadnou výrobu elektronik s plošnými spoji. Testovací sady se osazují dle přání zákazníků),
- zakázkové a jednoúčelové stroje (vlastní výroba Firmy).

Kromě výroby a prodeje poskytuje Firma svým zákazníkům také některé služby, jako například testování kabeláží (kabelových svazků), konstrukční práce apod.
Výrobní a prodejní sortiment Firmy se v čase upravuje podle požadavků klientů, technologických novinek a moderních trendů v oboru.

4.4 Firemní procesy

Na procesy probíhající ve společnosti se lze dívat z několika různých stran. Základní topologický pohled nad všemi probíhajícími procesy ve společnosti přináší následující obrázek.

Obrázek 13 Klíčové firemní procesy



Zdroj: vlastní zpracování

Klíčovými firemními procesy jsou:

- **obchodní objednávka** (poptávky po prodeji produktů 3. stran, které firma na trhu prodává).
- **výrobní objednávka** (poptávky zákazníků do výrobky).
- **zpracování a příprava obchodní objednávky** (firma připravuje objednávky)
- **konstrukce** (konstrukční návrhy produktu),
- **výroba** (výroba produktu),
- **kompletace zakázky,**

- **distribuce zakázky,**
- **back-office** (podpora provozu).

Každý z uvedených (a dalších) firemních procesů generuje data, která jsou ukládána do různých individuálních databází, ke kterým přistupuje většinou jen ta aplikace, která je tam sama uložila. Tento historicky provozovaný způsob „řízení dat“ je v současné době již neudržitelný z různých důvodů, kterými jsou například:

- nespolehlivost (jen některá data jsou zálohována),
- minimální sdílení (k datům jednoho systému nemá přístup žádná jiná aplikace ani v režimu čtení),
- drahý a komplikovaný managment systémů.

4.5 Firemní data

S růstem počtu realizovaných zakázek, zvyšujícím se počtem zákazníků i zaměstnanců, novými pořízenými výrobními stroji apod. přestaly firmě vyhovovat některé IT technologie a postupy, které dlouhodobě používala a firma se rozhodla zmodernizovat své IT a investovat do této oblasti nemalé prostředky, které urychlují jednotlivé procesy, zvýší produktivitu, zjednoduší řízení a reporting, optimalizují plánování apod.
Provoz společnosti dnes generuje velké množství dat, které jsou různého charakteru a lze je rozlišit na:

- **data pořízená v různých informačních systémech** a aplikacích s uživatelským rozhraním a s funkčnostmi:
    - CRM (Customer Relationship Managmeent pro řízení vztahů se zákazníky) systému,
    - ERP (Enterprise Resource Planning pro plánování podnikových zdrojů) systému,
    - SCM (Supply Chain Management pro správu dodavatelského řetězce),
    - MIS (Management Information System pro podporu operativního a taktického rozhodování),
    - výrobní a obchodní systém (OBIS4SQL pardubické firmy EPOS),
    - mailový systém.

- **publikovaná data** (v interních i externích systémech firmy jako jsou webové stránky společnosti, intranet apod.),
- **data generovaná strojním vybavením firmy** (výrobní stroje používané ve firmě (jako například CNC stroje apod.) mají TCP/IP rozhraní a generují velké množství operativních informací z průběhu výroby).

Objem dat generovaných strojním vybavením (poslední z uvedených skupin) v posledních letech výrazně roste. Každé další pořizované zařízení a každý další stroj (soustruhy, frézy, obráběcí centra, coboti a roboti pro fyzickou pomoc obsluze během broušení, lakování a dávkování lepidel apod.) má vlastní síťové rozhraní, přes které publikuje velké množství dat, které posílá do interní sítě nebo je má dočasně uložena v operační paměti, která je částečně přístupná přes otevřené integrované API rozhraní.

V segmentu výroby se Firma rozhodla provést řadu technických, technologických, procesních a dalších změn, jejichž cílem je převedení výroby do průmyslu 4.0, na kterém aktuálně pracuje. Nedílným princem výroby se tedy v krátké budoucnosti ve Firmě stane robotizace a automatizace některých výrobních činností.

Pro realizaci implementace Průmyslu 4.0 si Firma najala externí společnost, která se detailně seznámila s provozem společnosti a jejími procesy, používanými informačními systémy, posbírala požadavky na budoucí systém (od automatizace a digitalizace přes zjednodušení procesů až po monitoring a reporting), analyzovala vstupní data a vytvořila návrh migrace na nové technologie (formou jednotlivých projektů, sumarizací potřebných zdrojů a kapacit, předpokládaných nákladů apod.). Návrh byl managementem Firmy přijat. Společnost se s Firmou domluvila, že si Firma sama vlastními silami zajistí infrastrukturu pro úložiště dat, pro které ICT Firmy aktuálně připravuje vícevariantní návrh.

Uvedené skutečnosti a změny ve firmě a v jejím provoze znamenají, že provoz Firmy bude generovat velké množství dat, ke kterým budou různé systémy a různé aplikace (v manuálním nebo automatickém režimu) potřebovat přímý přístup v reálném čase. Jednotlivé stroje a zařízení si budou během výrobních procesů v nepřetržitém módu vzájemné odečítat stavová data, která potřebují pro řízení předprogramovaných výrobních cyklů a paralelně budou formou dashboardu zobrazovat všechny klíčové stavy vedoucím pracovníkům ve výrobních úsecích a managementu Firmy. Na vybrané stavy budou

prostřednictvím triggerů navázány různé aletry, které potřebují lidská rozhodnutí a umožní podle potřeby vstoupit do procesu výroby a ovlivnit další výrobní etapy.

Velké množství různých dat (relačních i binárních) generují dnes moduly systému OBIS4SQL pardubické firmy EPOS, který Firma používá.

Systém OBIS4SQL je ve Firmě dlouhodobě používaným systémem, primárně jeho moduly:

- řízení výroby,
- rozpočty, nabídky, kalkulace, kusovníky,
- sledování zakázek,
- plánování kapacit,
- montážní deníky,
- logistika a sklady,
- ceníky materiálů, zboží, prací a služeb,
- fakturace a doklady, účetní výkazy, majetek.

Firma si se systémem pořídila některé nadstavbové moduly jako například docházkový systém a webshop, který používá prodej svých produktů.

Dodávka systému OBIS4SQL pořízeného před cca 10 lety se skládala z hardwarové i softwarové části. Hardwarovou část představovaly 2 servery, jeden ve funkci aplikačního serveru a druhý v roli databázového serveru:

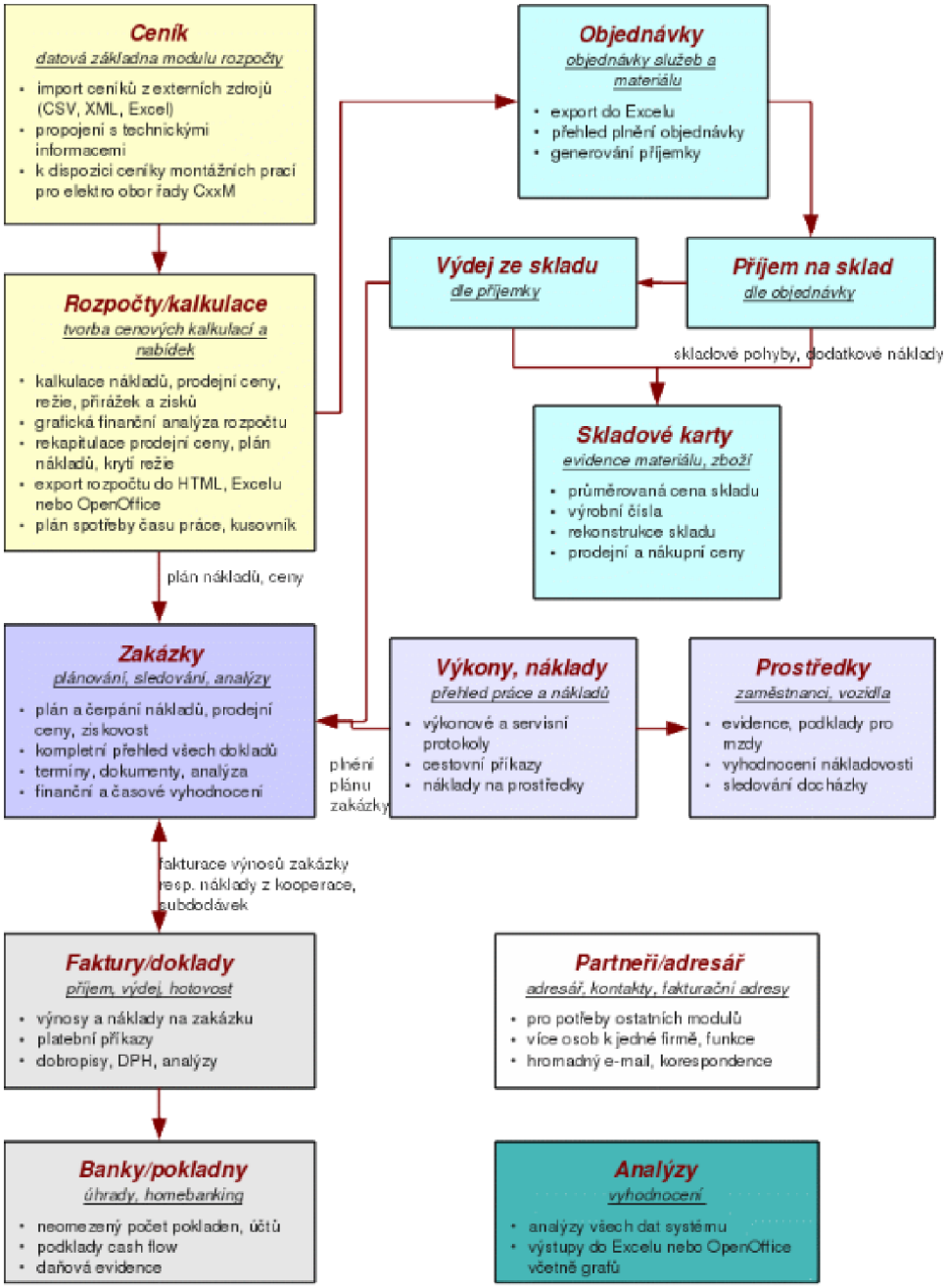
- 1x aplikační server (IS OBIS4SQL)
- 1x databázový server (MS SQL)

Jako servery byly vybrány produkty firmy HP ProLiant (v rackové variantě), které jsou provozovány v klimatizované serverovně Firmy. Hardwarová konfigurace obou severů obsahovala:

- HP ProLiant DL380p Gen8 | 8* SFF,
- 16 GB (4x 4GB) DDR3,
- HP Smart Array P420i 512 MB FBWC,
- 2* 8-Core Intel Xeon E5-2650 2.00 GHz 20 MB Cache # CPU PassMark: 14948,
- 1x HP zdroj 460W.

Uvnitř databázového serveru jsou rychlé disky Western Digital zapojené do diskového pole RAID 10.

Obrázek 14 OBIS4SQL - moduly



Zdroj: EPOS (2023)

Topologie systému OBIS4SQL je „klient-server“. K centrálním serverům umístěným v serverovně společnosti přistupují uživatelé prostřednictvím tenkého klienta (internetového prohlížeče), který splňuje technické i bezpečnostní požadavky systému.

Jak bylo již zmíněno, infrastrukturní návrh datového skladu zůstal na odpovědnosti Firmy. Příprava komplexní migrace výroby firmy na Průmysl 4.0 není na vybrané technologii (pro manipulaci s daty) v zásadě závislá, protože základním požadavkem externího partnera je, aby jednotlivé systémy mohly volat dedikovanou datovou službu pro všechny klíčové datové operace (ukládání, čtení, modifikace, a mazání). Klíčovými parametry této služby jsou pouze rychlost, dostupnost, zamykání editovaných dat, verzování dat a v neposlední řadě zálohování dat.

Protože Firma pracuje často pro velké mezinárodní korporáty a zúčastňuje se různých výběrových řízení, snaží se dodržet podmínky těchto řízení, mezi kterými bývají v posledních letech také podmínky související se zajištěním kontinuity výroby (BCM - Business Continuity Management) a obnovy systémů po haváriích (DRM – Disaster Recovery Management), které se promítají formou požadavků na vlastní datová uložiště (například formou redundance datových polí), ale také firemních procesů a zavedení (a management) obou zmíněných disciplín ve firmě (BCM a DRM).

Nový systém pro správu dat by měl umět data také klasifikovat (podle jejich důvěrnosti), měl by splňovat veškeré legislativní GDPR požadavky (v datovém úložišti budou rovněž data zaměstnanců, ekonomická a účetní data, důvěrné firemní dokumenty apod.).

Klíčovým požadavkem pro návrh a výběr vhodné technologie zajišťující přístup k datům je také požadavek na univerzální dostupnost dat z různých technologických prostředí. Interní síť firmy bude rozdělena do několika segmentů, jejichž hranice budou hlídat firewally, k některým segmentům bude možné přistupovat i z vnějšího prostředí (prostřednictvím šifrované komunikace přes VPN koncentrátory). Jinými slovy, různé aplikační servery běžící na nejrůznějších typech operačních systémů budou potřebovat přímé přístupy k různým datům bez ohledu na to, kterými systémy/aplikacemi byly pořízeny.

Datové úložiště by tedy mělo být nezávislé na technologiích aplikačních serverů a mělo by umět poskytovat služby všem systémům provozovaným ve Firmě, které budou disponovat příslušnými přístupovými právy. Broker datového úložiště by měl odbavovat požadavky na data v režimu FiFo (First-In-First-Out) bez prioritizace „datového zákazníka“.

Na druhé straně budoucí datová farma by měla být technologicky připravena na případné změny, pokud by Firma v rámci ladění svého provozu došla k závěru, že chce některé požadavky na data prioritizovat před ostatními (k této změně může v budoucnu dojít

například ve chvíli, kdy se začne projevovat nadměrná latence způsobená velkým počtem současných požadavků, rychlostí čtení a výběru z velkého množství dat apod.).
Z těchto principů vyplývají vysoké požadavky na budoucí dostupnost dat, rychlý síťový provoz, minimum odstávek a technických poruch, které kladou vysoké nároky i na budoucí datové úložiště.

4.6 Současná síťová topologie

S nárůstem objemu zpracovávaných dat různého druhu se management firmy rozhodl situaci radikálně změnit. Aktualizoval svou IT koncepci a strategii a rozhodl se vybudovat vlastní serverovnu. Firma využila toho, že ve stejné budově, ve které sídlí, provozuje známá společnost své datové centrum. Firma se s touto společností dohodla, že si pronajme část fyzické kapacity tohoto centra.
Základní úvaha Firmy je dnes taková, že bude ve vlastních prostorách provozovat serverovnu s aplikačními servery, které už z velké části má a provozuje a v datovém centru fyzicky propojeném dedikovanou linkou umístí svá data. Jak přesně, není zatím managementem firmy pevně rozhodnuto. Do úvahy připadají dvě základní varianty, kterými jsou:

- Firma si pronajme HW od společnosti vlastnící datové centrum a umístí na něj svá data, se kterými bude pracovat prostřednictvím svých aplikačních serverů,
- Firma si v prostorách datového centra postaví vlastní DB prostředí a využije tak jen fyzickou bezpečnosti a zaručenou konektivitu.

Jakým způsobem bude Firma zálohovat svá data, není zatím rozhodnuto. Do úvahy připadají opět 2 základní možnosti, bez ohledu na výběr z předchozích variant. Zmíněnými možnostmi jsou:

a) Firma využije zálohovací infrastrukturu společnosti vlastnící datové centrum,
b) Firma si postaví vlastní zálohovací řešení.

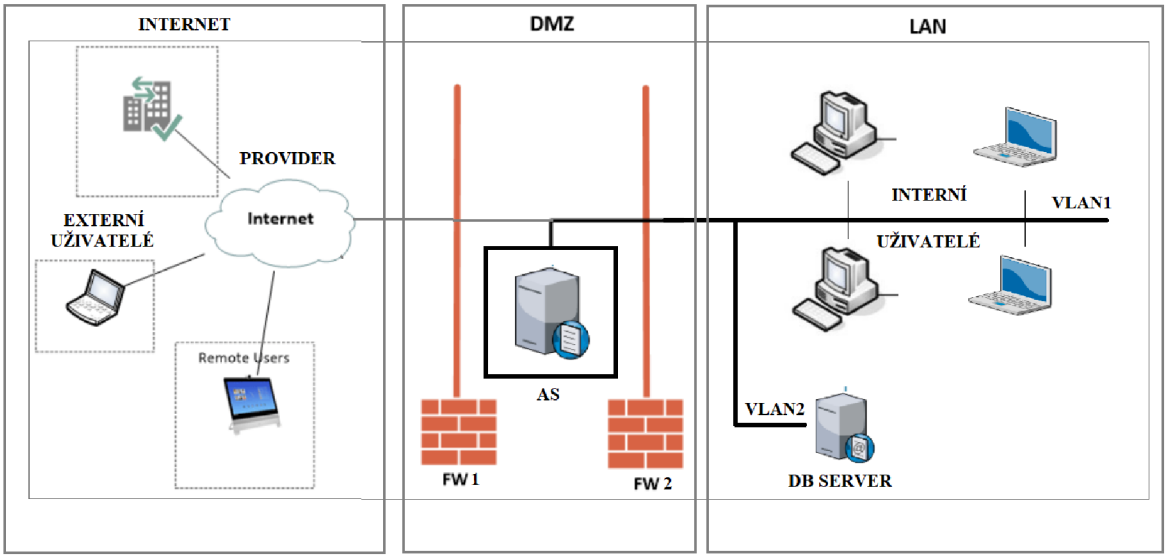
Hlavním důvodem, pro který se management Firmy rozhodl oddělit aplikační servery od databázové infrastruktury, je to, že si chce alespoň část svého IT nechat pod vlastní fyzickou správou a kontrolou. Firma si je vědoma, že to, co má nejvyšší hodnotu a mělo by být

nejlépe chráněno, nejsou aplikační servery, ale data, která firmy většinou považují za své „rodinné stříbro“. Úvahy Firmy a jejího managementu se tedy opírají o tyto postoje:

- data budou hlídána ve fyzicky zajištěném, monitorovaném (v režimu 24*7*365) a zabezpečeném prostředí (připraveném na výpadky napájení, požáry apod.),
- běžící aplikace, do kterých se často zasahuje (opravy, záplaty, aktualizace apod.) ze strany IT personálu Firmy, budou ve vlastním prostředí, protože personál společnosti z datového centra tyto zásahy na aplikačních serverech provádět nebude).

Firma si uvědomuje různá rizika (včetně bezpečnostních), která umístění vlastních dat v cizím fyzickém prostředí pro ni znamenají, nicméně tak jako se během uplynulých 10-15 let změnily názory IT manažerů na využívání cloudů (od původního odpírání po dnešní běžné využívání), změnily se názory managementu Firmy, který nyní uvažuje o tom svá data umístit mimo svou firmu.

Obrázek 15 Současná síťová topologie



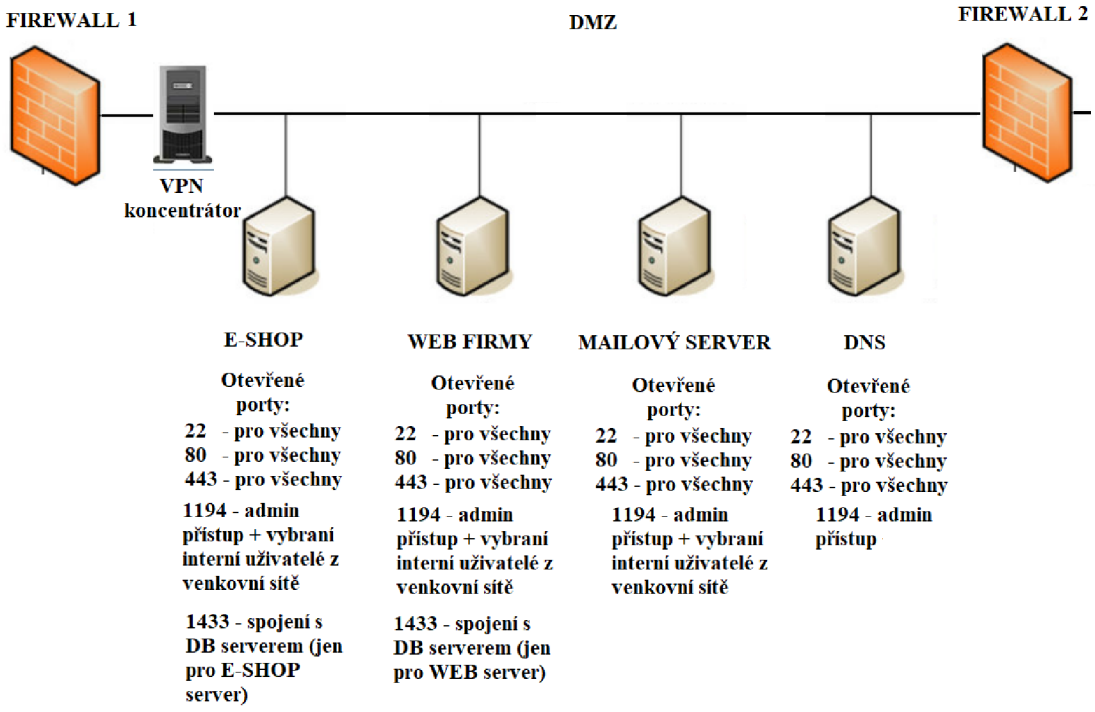
Zdroj: vlastní zpracování

Management Firmy si uvědomuje, že všechny změny, které plánuje provést, je nutné řešit v rámci celé firmy koordinovaně a že bude nutné vzájemně synchronizovat jednotlivé implementační kroky jak organizačně, tak časově, finančně i procesně za základní podmínky, že změny nesmí mít zásadní dopad na firemní zákazníky (tedy na běžící zakázky).

Firma má dnes pro jedinou provozovanou serverovnu vyčleněnou jednu větší klimatizovanou kancelář v budově, ve které sídlí. Aktuální (základní bloková) podoba současné síťové topologie je znázorněna na následujícím obrázku.

Firma provozuje demilitarizovanou DMZ zónu, ve které má umístěn několik aplikačních serverů. Do DMZ zóny mají přístup vybraní zaměstnanci firmy (management).

Obrázek 16 Současná podoba DMZ zóny firmy

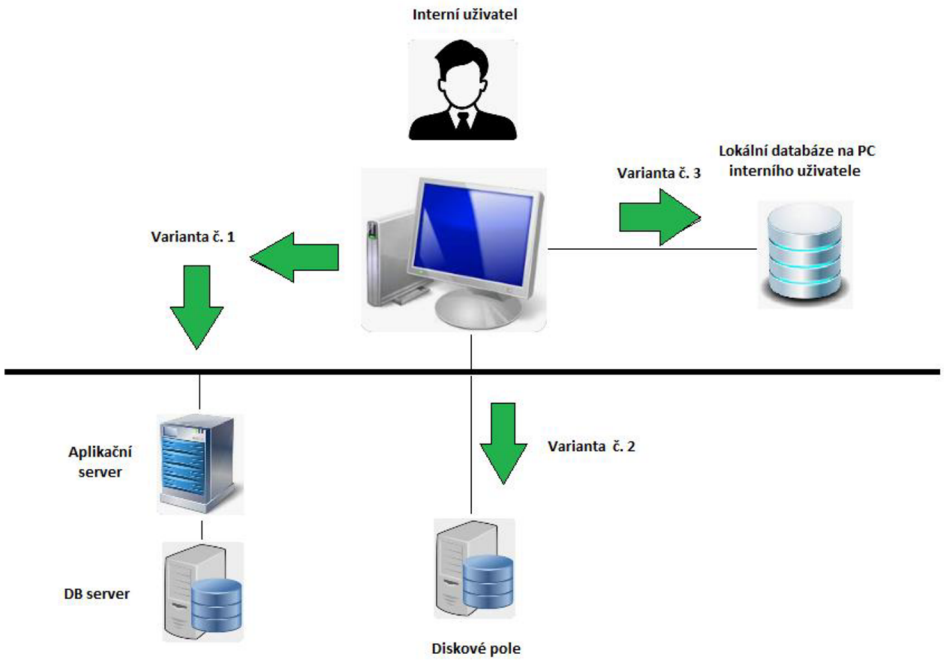


Zdroj: vlastní zpracování podle podkladů z firmy

Demilitarizovaná zóna je odstíněna od veřejného internetu a od vnitřní sítě ve Firmě dvojící firewallů. Databázový server, na němž jsou uložena data pro dedikované aplikační servery, je umístěn až za druhým firewallem ve vnitřní sítí v samostatném síťovém VLAN segmentu. Interní uživatelé pracují se síťovými i lokálními aplikacemi. V praxi to znamená, že přes aplikační servery v interní síti přistupují k databázovému serveru ve vnitřní síti (varianta č. 1), případně k těmto sdíleným datům (v diskovém poli) přistupují přímo z lokálně nainstalované aplikace (varianta č. 2), v jejíž síťové konfiguraci je jako datový zdroj (přes příslušný datový konektor) nastaveno sdílené databázové pole nebo pracují s daty, která jsou uložena lokálně na jednotlivých pracovních uživatelských stanicích (varianta č. 3).

Základní schéma 3 typů přístupu interních uživatelů k datům je znázorněno na následujícím obrázku 17.

Obrázek 17 Přístupy interních uživatelů k datům



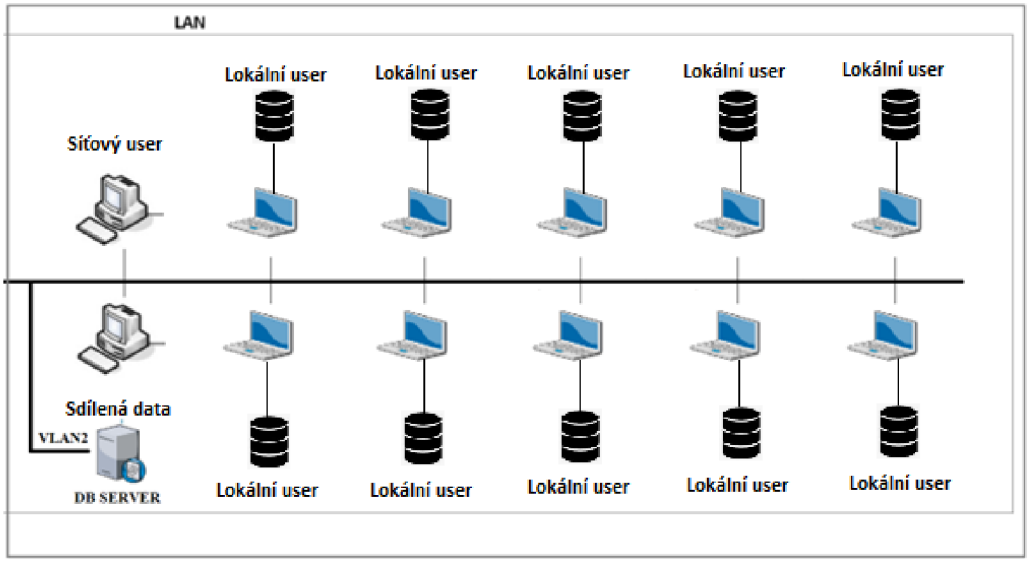
Zdroj: vlastní zpracování

Převážná většina provozovaných databází ve Firmě (z hlediska jejich počtu) jsou individuální databáze nainstalované na koncových stanicích uživatelů, bez širšího sdílení dat. Důvody tohoto stavu jsou historické. Firma, jak postupně rostla, pořizovala v prvních letech své činnosti velmi často jednouživatelské lokální aplikace pro různé agendy, a i když je se svými dodavateli aktualizovala (technologicky, funkčně, bezpečnostně apod.),
u většiny z nich zůstalo i kvůli zaplaceným licencím u jednouživatelských přístupů, což znamená, že velkou část interních agend firma nepřesunula z osobních počítačů na sdílené síťové servery.
Zálohování dat Firma ve většině případů vyřešila formou zálohování datových souborů nebo celých aplikací, což se zdálo být jednoduché, rychlé a hlavně funkční.
Výsledkem tohoto přístupu je dnes to, že firma komplikovaně řeší situace, kdy stejnou agendu zajišťuje více pracovníků než jeden (ve stejné směně, tedy ve stejném čase) a oba (nebo více) potřebují mít přístupy ke stejným datům ve stejné chvíli. Tento problém (spolu s dalšími již zmíněnými důvody) přispěl k rozhodnutí o investici a o potřebě změny

v managementu firemních dat ve všech jeho fázích a procesech. Jinými slovy, Firma dnes potřebuje, aby většina pořizovaných dat byla dostupná většímu počtu uživatelů na větším počtu různých fyzických zařízeních (včetně mobilních systémů).

Současnou situaci „nesdílených dat“ schematicky/topologicky znázorňuje následující obrázek.

Obrázek 18 Lokální aplikace s lokálními databázemi ve firmě



Zdroj: vlastní zpracování

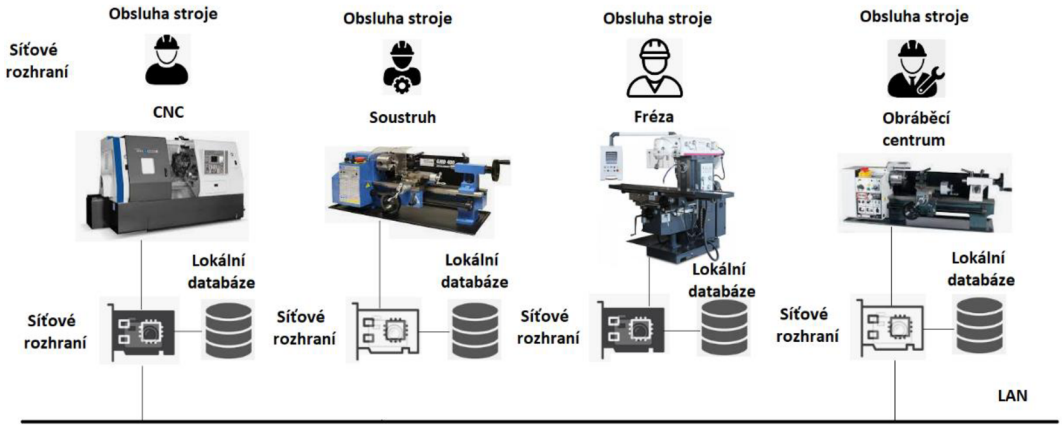
Kromě běžných aplikací (jak již bylo zmíněno) jsou k firemní LAN síti připojeny rovněž některé stroje v útvarech výroby a konstrukce. Všechny větší a modernější stroje, které firma používá, mají síťová rozhraní nebo mají možnost rozšíření stroje o toto komunikační rozhraní.

Firma došla během pandemického období (COVID-19) k závěru, že by potřebovala zpřístupnit více systémů některým zaměstnancům v rámci přístupu z externího prostředí (šifrovaným kanálem z domova přes veřejný internet) v rámci vynuceného homeoffice, primárně top managementu, vedoucím výroby, ale také útvaru obchodu, IT administrativě apod.

Náplň práce některých pracovních pozic dovoluje pracovat částečně vzdáleně z domova, a protože chce být management firmy připraven na další případná preventivní vládní omezení, která mohou kvůli pandemii limitovat fyzickou docházku do práce a volný pohyb

lidí, jako již v minulém období veřejnost zažila, a chtěl by v rámci úprav IT provozu umožnit určeným zaměstnancům řízený přístup k systémům, které budou dostupné přes demilitarizovanou zónu.

Obrázek 19 Výrobní stroje a jejich komunikační rozhraní



Zdroj: vlastní zpracování

Pro Firmu je možnost vzdálené práce zajímavá z hlediska zachování kontinuity jejího podnikání. Vzdálený přístup umožní měnit parametry strojů, kontrolovat stavy procesů výroby, ale také online vyřizovat některé typy příchozích objednávek apod.

Tento požadavek a přání managementu bude mít také dopad do návrhu budoucího managementu firemních dat.

4.7 Interní požadavky na nové databázové řešení

Mezi interní požadavky vztahující se na nové řešení datových úložišť a jeho provoz ze strany firmy (managementu, IT útvaru a další firemních oddělení) patří:

- veškerá data musí být chráněna v souladu s legislativními předpisy,
- veškerá klíčová data musí být pravidelně zálohována,
- veškerá manipulace s daty ze strany uživatele z externího prostředí (resp. probíhající přes aplikační servery umístěné v demilitarizované zóně) musí být šifrovaná,
- vzdálený přístup do firmy k jejím datům může být technicky možný jen ze zařízení, která pořídila Firma. Soukromá zařízení nebudou pro přístup do firmy povolena,

- k firemním datům musí být možný současný paralelní přístup více uživatelů,
- jakýkoliv přístup k datům v editačním módu bude na straně datového úložiště zajištěn mechanismem zamykání dat,
- systém musí být připraven na budoucí prioritizaci uživatelských požadavků, podle které bude možné odbavovat požadavky podle interní modifikovatelné stupnice,
- v DMZ budou i nadále provozovány internetové stránky firmy, které budou funkčně provázány s dalšími systémy (internetovým obchodem firmy),
- databázové úložiště musí mít pevně nastaven seznam firemních aplikačních serverů, které mohou žádat o jeho data. Všechny jiné požadavky bude striktně odmítat.
- databázové úložiště a infrastruktura budou umístěny v samostatném síťovém segmentu (nebo odděleny od interní sítě s firemním provozem jiným technologicky vhodným způsobem).
- na straně aplikačních serverů, které budou přistupovat k datovému úložišti, bude z bezpečnostních důvodů probíhat veškerá komunikace po vyhrazených portech, které bude potřeba nechat otevřené. Těmito porty budou:

  WEBOVÉ STRÁNKY FIRMY:
  - 22 (SSH)
  - 80 (HTTP)
  - 443 (SSL)
  - 1194 (VPN, OpenVPN)
  - 1433 (pro spojení s DB úložištěm)

  - E-SHOP SERVER:
    - 22 (SSH)
    - 80 (HTTP)
    - 443 (SSL)
    - 1194 (OpenVPN, VPN)
    - 1433 (pro spojení s DB úložištěm)

- E-MAIL SERVER:
  - 22 (SSH)
  - 80 (HTTP)
  - 443 (SSL)
  - 1194 (VPN, OpenVPN)

- DNS SERVER:
  - 22 (SSH)
  - 80 (HTTP)
  - 443 (SSL)
  - 1194 (VPN, OpenVPN)

4.8 Návrh řešení

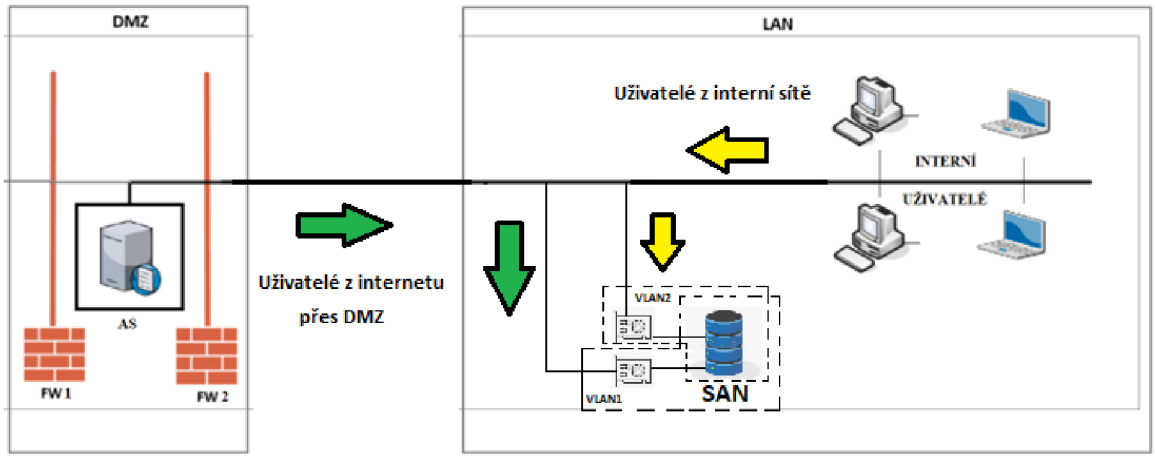
Základní blokový topologický návrh počítá se zachováním demilitarizované zóny (DMZ), která bude i nadále oddělovat interní síť od vnějšího okolí. Znamená to, že stejně jak doposud, budou mít uživatelé přistupující k firemní infrastruktuře z vnějšího okolí přístup jen k vymezeným serverům a službám.

Stejně jako dosud tedy nebude z internetu přímo dostupné datové úložiště, které bude nově řešeno prostřednictvím SAN technologie s přepínáním komunikačních kanálů tak, aby data byla dostupná uživatelům a aplikačním požadavkům z různých aplikací ve firmě nebo externího internetu.

Databázové úložiště bude i nadále fyzicky umístěno v interní síti za demilitarizovanou zónou, od které bude odstíněno aplikačním firewallem běžícím na samostatném hardwaru. Dvojice firewallů, která je ve firmě již implementována, bude fungovat na stejných principech a se stejnou logikou jako doposud.

První zásadní rozdíl proti současnému stavu bude v tom, že nové řešení bude mít dvě nezávislá síťová rozhraní, jedno určené pro přímou komunikaci uživatelů přistupujících z internetu přes demilitarizovanou zónu, druhé síťové rozhraní bude sloužit pro přístup uživatelů z vnitřní sítě bez ohledu na to, přes který aplikační server (tedy z které aplikace) k datům přistupují, viz. následující obrázek 20.

Obrázek 20 Dvě síťová rozhraní SAN úložiště

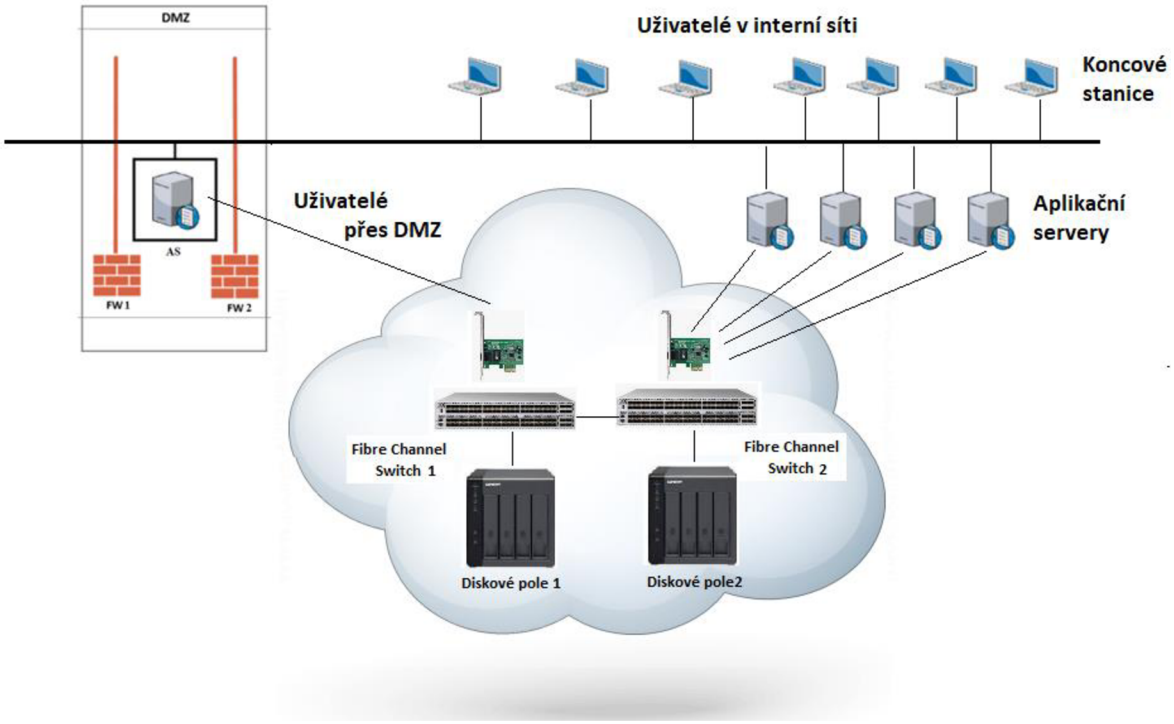


Zdroj: vlastní zpracování

Počet virtuální síťových segmentů se ve firmě zvýší, protože SAN datové úložiště bude fyzicky dostupné v rámci 2 segmentů. Toto rozdělení je nezbytné z důvodu bezpečností segregace dat, která budou dostupná zvlášť pro vnitřní a zvlášť pro vnější uživatele bez ohledu na to, že jeden stejný uživatel může vystupovat v obou rolích (podle toho odkud k datům přistupuje).

Základním „security“ kritériem řízení přístupu k datům tedy nebude jen identita uživatele, ale kombinace „identita x kanál“. Jinými slovy, řízení přístupu k datům pro jednoho stejného uživatele nebude záležet jen na jeho roli ve firmě, ale také na jeho lokaci, odkud o data žádá. Tímto způsobem bude možné minimalizovat potenciální pravděpodobnost kompromitace dat, protože systém bude pracovat se dvěma „security policy“ pro dvě varianty přístupů.

Obrázek 21 SAN topologie v interní síti firmy



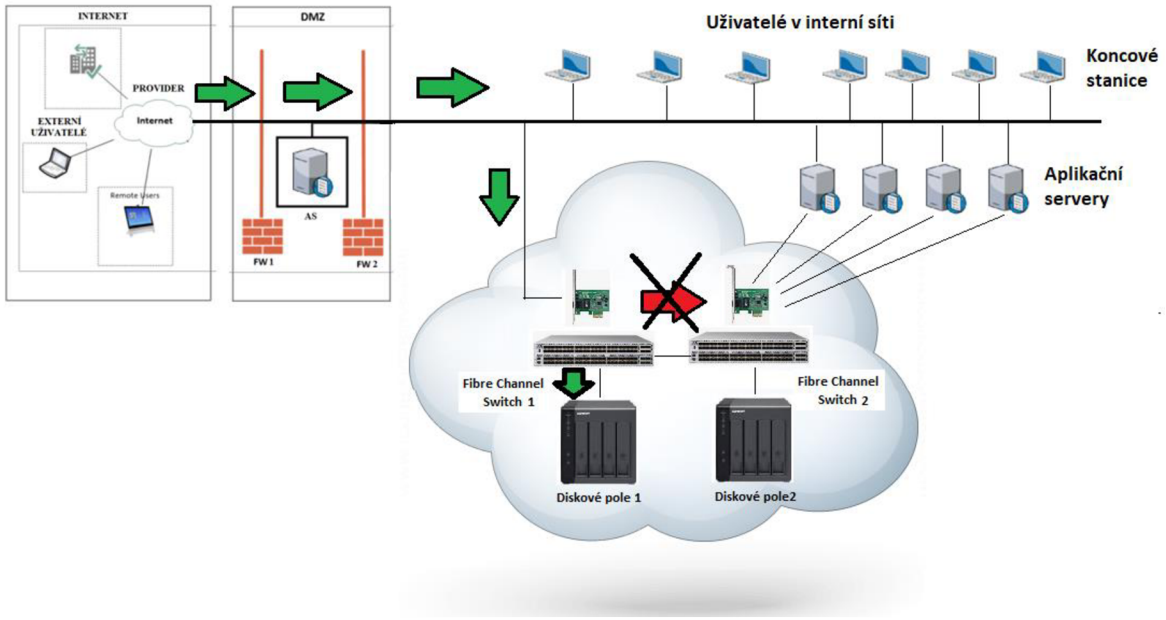
Zdroj: vlastní zpracování

Architektura navrženého řešení se skládá ze dvou Fibre Channel přepínačů, které jsou vzájemně propojené a dvou datových úložišť v podobě diskových polí s disky zapojenými do RAID. K datům a diskům v každém diskovém poli se lze dostat vždy jen z jednoho přepínače, což zajistí lepší řízení a bezpečnost přístupů.

Navržená topologie současně umožní podle potřeby zpřístupnit data uložená v jednom diskovém poli uživatelům, kteří přistupují k datům prostřednictvím přepínače, který je primárně připojen ke druhému diskovému úložišti. Tato topologie umožní v praxi uživatelům ve vnitřní síti přistupovat k datům v diskovém poli 1, přičemž jejich databázové dotazy půjdou přes přepínač Fibre Channel Switch 2, budou dále směřovány na přepínač Fibre Channel Switch 1, který požadovaná data získá z diskového pole 1.

V opačném směru nebude datová komunikace prostřednictvím konfigurace a nastavení jednotlivých prvků SAN infrastruktury možná. To znamená, že uživatel z internetu, který bude přistupovat do interní sítě přes šifrované VPN připojení a projde přes první Firewall do demilitarizované zóny, se dostane jen k příslušnému aplikačnímu serveru, který volá a tento server v jeho zastoupení požádá o data uložená v diskovém poli 1 uložená ve vnitřní síti za druhým firewallem, viz. následující obrázek 22.

Obrázek 22 Nepovolený přístup uživatelů z DMZ k datům v diskovém poli 2



Zdroj: vlastní zpracování

Externí uživatel tedy nebude mít přístup k datům uloženým v diskovém poli 1.

4.8.1 Hardwarový návrh komponent SAN infrastruktury

Dvěma klíčovými druhy komponent SAN úložiště ve firmě jsou 2 Fibre Channel přepínače a 2 disková pole.

Fiber Channel přepínače

Protože firma používá aplikační servery DELL, byly jako Fibre Channel přepínače v návrhu kvůli kompatibilitě a sjednocenému servisu (v rámci rozšíření stávající SLA smlouvy s dodavatelem) zvoleny 28portové 8Gb přepínače Brocade 300 SAN firmy DELL.
Tyto přepínače jsou určeny pro konektivitu SAN sítí v malých a středních firmách.

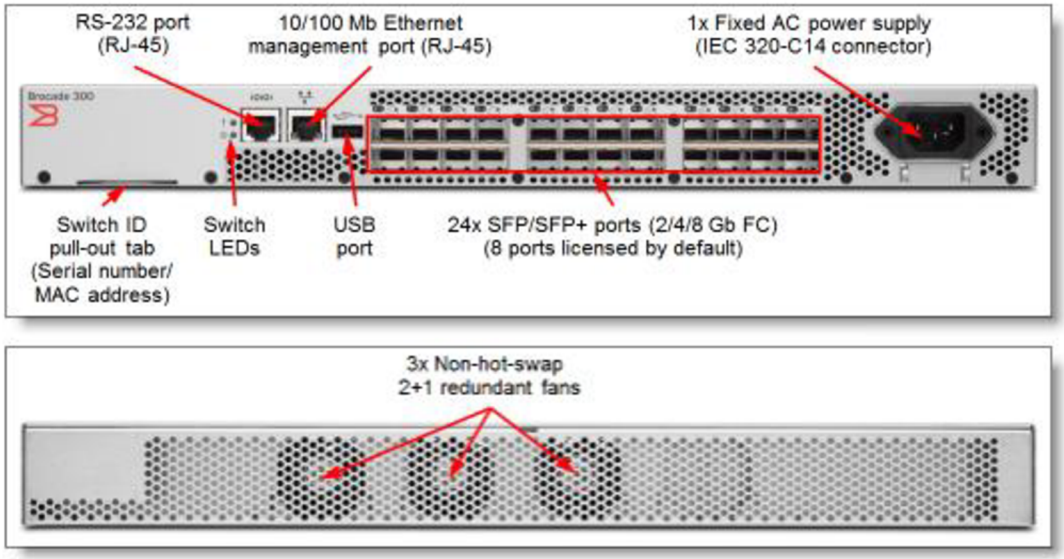
Proklamované konkurenční výhody (výrobcem) jsou například:

- zjednodušená správa infrastruktury IT,
- vyšší výkon systému,
- maximalizace hodnot nasazení virtuálních serverů ve firmě (tuhle výhodu firma nevyužije),

- relativně nízké náklady.

Uvedené přepínače představují jednoduché, cenově dostupné řešení s jedním přepínačem, jsou vybaveny instalačním průvodcem EZSwitchSetup, který zjednodušuje nasazení (v rámci konfigurace zařízení je možné využívat provozní režim Brocade Access Gateway. Přepínač má vysoký výkon, je rozšiřitelný pomocí technologie Ports on Demand (podporuje rozšiřování SAN sítě). Další konkurenční výhodou je nízká spotřeba (méně než 2,5 wattů na port).

Obrázek 23 Fibre Channel přepínač Brocade 300 FC SAN



Zdroj: vlastní zpracování podle Lenovo (2023)

Přepínač kombinuje až 24 portů špičkové technologie s rychlostí 8 Gb/s a s rozšiřitelností pomocí technologie Ports on Demand z 8 na 16 až 24 portů, a umožňuje tak zákazníkům flexibilitu platit podle reálného růstu. Technologie s rychlostí 8 Gb/s má schopnost automatické detekce (rozpoznává také zařízení s rychlostí 1, 2 a 4 Gb/s).
Instalace zařízení je jednoduchá, průvodce instalací EZSwitchSetup může konfiguraci sítě SAN zjednodušit na pouhé 3 kroky s umístěním ukazatele myši a klepnutím. Obsahuje port USB, který může zvýšit využitelnost a protokolování chyb pomocí upgradů firmwaru a stažených souborů systémového protokolu.

Přepínač nabízí duální funkčnost formou plně vybaveného přepínač FC SAN a přístupové brány Brocade Access Gateway, které zajišťují hladkou konektivitu s jakýmkoli prostředím SAN (bez ohledu na značku výrobce).

Základní technické parametry Fibre Channel přepínače Brocade FC 300 jsou:

Porty Fibre Channel	-	24 portů, univerzální (E, F, M, FL nebo N),
Škálovatelnost	-	architektura s úplnou topologií Fabric s maximálně 239 přepínači,
Aktivní uzly	-	6000 aktivních uzlů, jeden systém až s 56 přepínači, 19 segmenty směrování, rozsáhlejší topologie Fabric certifikovány podle potřeby,
Výkon	-	rychlost linky 1,063 Gb/s, plně duplexní; rychlost linky 2,125 Gb/s, plně duplexní; rychlost linky 4,25 Gb/s, plně duplexní; rychlost linky 8,5 Gb/s, plně duplexní. Automatické zjišťování rychlosti portů 1 Gb/s, 2 Gb/s, 4 Gb/s a 8 Gb/s; volitelně programovatelné na pevné rychlosti portů. Vyrovnávání rychlosti mezi rychlostmi portů 1, 2, 4 a 8 Gb/s.
ISL Trunking	-	sdílení kmenové linky (trunking) založené na rámcích s rychlostmi portů až 8 Gb/s na jednu linku ISL s volitelnou licencí; až 68 Gb/s na jednu linku ISL (8 portů × 8,5 Gb/s [rychlost linky])
Agregovaná šířka pásma	-	408 Gb/s: 24 portů × 8,5 Gb/s (rychlost linky) × 2 (plně duplexní)
Latence topologie Fabri	-	700 nanosekund bez kolizí, směrování metodou cut-through rychlostí 8 Gb/s
Maximální velikost rámců	-	datová část: 2112 bajtů
Třídy služeb	-	třída 2, Třída 3, Třída F (rámce uvnitř přepínačů)
Typy portů	-	FL_Port, F_Port, E_Port, M_Port (port zrcadlení) a automatické zjišťování na základě typu přepínače (U_Port); N_Port při použití funkce přístupové brány Access Gateway
Typy médií pro	-	8 Gb/s: Vyžaduje konektor LC společnosti Brocade

		připojitelný za provozu s moduly SFP+; krátkovlnný laser (SWL); vzdálenost závisí na optickém kabelu
Přístup pro správu	-	10/100 Ethernet (RJ-45), v pásmu pro Fibre Channel; sériový port (RJ-45); USB; integrace funkce Call-home pomocí funkcí Brocade EFCM a Brocade Fabric Manager
Spotřeba energie - (Dell, 2023a)		57 Wattů max. (s 24 porty při 8 Gb/s), 48 Wattů jmenovitá

Disková pole

Obě disková pole budou technologicky identická. Návrh počítá se zakoupením 2 diskových polí typu RAID10, které spojuje výhody zrcadlení a „proužkování“ disků.

Navrženým diskovým polem je produkt Synology Rack Station RD822+ s těmito parametry:

- 4šachtový 1U server vhodný pro použití v malých a středních podnicích s vysokým výkonem, širokými možnosti rozšiřování a komplexní ochranou dat,
- RS822+ obsahuje čtyři porty Gigabit RJ-45, které lze po propojení pomocí funkce Link Aggregation používat k automatickému přepnutí služeb při selhání sítě a vyrovnávání zátěže,
- dvě jednotky RS822+ je možné pomocí služby Synology High Availability spárovat a vytvořit spolehlivý cluster složený z aktivního a pasivního serveru, který maximalizuje provozuschopnost služeb.
- srdcem RS822+ je 64-bit 4jádrový procesor AMD Ryzen V1500B s pamětí o velikosti 2 GB (rozšiřitelná až na 32 GB - 2x 16 GB).
- propustnost sekvenčního čtení je 2103 MB/s pro čtení a 1074 MB/s pro zápis,
- možnost rozšíření až na 8 disků pomocí rozšiřovací jednotky Synology RX418
- vestavěné porty 4x 1GbE s možností rozšíření 10/25 GbE,
- maximální počet šachet pevného disku s rozšiřující jednotkou: 8 (RX418 x 1)

Rozměry pole jsou 44 x 480 x 492.6 mm, jeho hmotnost je 6,4 kg. Ventilátor má rozměry 40 x 40 mm (3x) a celé zařízení vydává hluk 27.4 dB(A). Adaptér zařízení má spotřebu 150 W.

Obrázek 24 Diskové pole Synology RackStation RS822+

Zdroj: vlastní zpracování podle CZC.CZ (2023)

Dostupné porty:

- 4x RJ-45 1GbE LAN Port s podporou funkcí Link Aggregation / Failover,
- 2x USB 3.2 Gen 1,
- 1x eSATA,
- Rozšíření PCIe: 1x Gen3 x8 slot (x4 link).

Podporovanými souborovými systémy jsou:

- Btrfs (pro interní zařízení),
- EXT4 (pro interní zařízení),
- Btrfs (pro externí zařízení),
- EXT4 (pro externí zařízení),
- EXT3 (pro externí zařízení),
- FAT (pro externí zařízení),
- NTFS (pro externí zařízení),
- HFS+ (pro externí zařízení),
- exFAT (pro externí zařízení).

Technické parametry:

Velikost HDD:	2.5"-SATA, 3.5"-SATA
Počet slotů pro HDD:	4
Počet ethernet portů:	4
USB 3.0:	Ano
Propustnost sekvenčního čtení/zápisu	2103/1074 MB/s1
Možnost rozšíření	až 8 disků pomocí rozšiřovací jednotky Synology RX4182
Možnosti připojení	vestavěné porty 4 x 1GbE s možností rozšíření 10/25 GbE 3
Paměť	až 32 GB DDR4 ECC

Diskové pole umožňuje zapojit instalované disky do několika typů RAID pole:

- 0-striping,
- 1-mirroring,
- 5-striping,
- 6-striping,
- 10-mirroring.
- JBOD.

Diskové pole je kompaktní, 4šachtové 1U zařízení s možností rozšíření úložiště a připojení k síti. Používá operační systém Synology DiskStation Manager (DSM) a na trhu je doporučováno jako ideální řešení úložiště typu Edge pro pobočky a malé a střední firmy. Běžná cena 1 diskového pole se na trhu aktuálně pohybuje na úrovni kolem 26.000 Kč s DPH bez disků.

Obrázek 25 Synology RS822+ and RS822RP+ Rackstation NAS

Zdroj: nascompares.com

4.9 Analýza rizik

Metodou identifikace rizik návrhu, implementace a následného provozu nového řešení byla zvolena kombinace metod Brainstormingu a Checklist. Brainstorming byl realizován formou jednorázové diskuse s managementem společnosti IT manažerem firmy (CIO). Během diskuse byla identifikována predikovatelná rizika, která byla zaznamenána do jednoduchého tabulkového registru. Součástí popisů nalezených rizik byly rovněž odhady závažnosti rizik, pravděpodobnost jejich výskytu a z nich vyplývající dostupná mitigační opatření podle risk apetitu firmy.

Pro stanovení dopadu rizik byla použita následující stupnice:

Tabulka 2 Stupnice dopadů rizik

STUPEŇ	DOPAD	NÁKLADY	TERMÍNY	KVALITA
1.	velmi malý	<= 1 %	Nepatrná prodleva bez návaznosti na návazné práce	Nepatrné snížení kvality
2.	malý	1,1 % - 3 %	Skluz prací bez návaznosti na jiné činnosti	Dílčí snížení kvality (celková kvalita bez ohrožení)
3.	střední	3,1 % - 5 %	Prodlevy na úrovni technologických etap	Snížení kvality s nutnosti řešení
4.	velký	5,1 % - 10 %	Závažné prodlevy s ohrožením termínů	Závažné vady s vysokými náklady na zlepšení kvality
5.	velmi velký	> 10 %	Jisté nedodržení termínu	Neodstranitelné vady

Zdroj: vlastní zpracování

Pro určení pravděpodobnosti výskytu rizik byla využila škála možností podle metody RIPRAN:

Tabulka 3 Pravděpodobnost výskytu rizik

STUPEŇ	PRAVDĚPODOBNOST VÝSKYTU	
1.	Velmi nízká	> 0,8
2.	Nízká	0,6-0,8
3.	Střední	0,4-0,6
4.	Vysoká	0,2-0,4
5.	Velmi vysoká	<= 0,02

Zdroj: vlastní zpracování

Závažnosti rizik byly nastaveny podle matice „dopady & pravděpodobnosti“. Matice byla rozdělena na 3 oblasti podle závažnosti (viz. následující tabulka).

Tabulka 4 Matice dopadů a pravděpodobností rizik

DOPAD / PRAVDĚPODOBNOST	1.	2.	3.	4.	5.
5.	5	6	7	8	9
4.	4	5	6	7	8
3.	3	4	5	6	7
2.	2	3	4	5	6
1.	1	2	3	4	5

Zdroj: vlastní zpracování

Závažnosti rizik a nimi související tzv. risk apetit (hranice akceptace firmou) byly v rámci diskuse nastaveny do 3stupňové škály úrovní. Jinými slovy, akceptovat bylo možné jen nízká rizika (podle matice v intervalu hodnot 1-3), u všech ostatních rizik byl risk apetit nastaven tak, že tato rizika bylo možné snížit nebo akceptovat.

Management firmy, jehož úkolem bylo identifikovaná rizika mitigovat, mohl u nízkých rizik vybrat kteroukoliv ze 3 variant (akceptace, snížení nebo eliminace), ale u středních a vyšších rizik mohl každé riziko už jen snížit nebo eliminovat (formou přijatých opatření).

Tabulka 5 Risk apetit rizik

		RISK APETIT		
DOPAD / PRAVDĚPODOBNOST	Riziko	Akceptace rizika (A - Acceptance)	Snížení rizika (R – Reduction)	Eliminace rizika (E – Elimination)
1..3	nízké	A	R	E
4..6	střední		R	E
7..9	vysoké		R	E

Zdroj: vlastní zpracování

Výstupem analýzy rizik byl registr rizik, kde byly u každého rizika přiřazeny rizikové parametry „dopad“ a „pravděpodobnost“.

Tabulka 6 Registr identifikovaných rizik

ID	Riziko	Příčina	Důsledek	Dopad rizika	Pravděpodobnost výskytu	Akceptace	Redukce	Eliminace	Doporučené opatření
1.	Vyšší cena řešení	Špatné odhady nákladů nebo zvýšení cen díky inflaci, kurzovým změnám apod.	Vyšší investice	3	2		X	X	Redukce
2.	Neplánované přerušení provozu firmy během implementace nového řešení	Chyby v návrhu implementace řešení	Zdržení, náklady na opravy	3	1	X	X	X	Redukce
3.	Chybějící nebo nekonzistentní data v novém řešení	Chyby v návrhu portace dat ze starého do nového řešení a/nebo chybějící nativní metody kontroly integrity v rámci Fibre Channel infrastruktury	Zdržení, náklady na opravy, ztráta části dat	2	1	X	X	X	Redukce
4.	Reputační riziko	Jakékoliv problémy, které naruší provoz firmy optikou zákazníků a dodavatelů	Horší pověst firmy, ztráta části budoucích zakázek	2	3		X	X	Redukce
5.	Nedostatečné know-how firemního admina	Nedostatečná příprava vyškolení pro správu systému	Přerušený provoz firmy	2	2	X	X	X	Eliminace
6.	Výpadek dodavatele řešení	Konkurz firmy, jiný důvod	Přerušený provoz firmy	2	2	X	X	X	Akceptace
7.	Výpadek výrobce komponent řešení	Konkurz firmy, jiný důvod	Přerušený provoz firmy	4	1		X	X	Redukce
8.	Nespolehlivé řešení	Chyby v návrhu řešení	Přerušovaný provoz firmy	3	2		X	X	Redukce

9.	Nedostatečné zabezpečení dat	Chyby v návrhu řešení	Reputační riziko, pokuty, ztráta dat apod.	3	2		X	X	Redukce
10.	Nedostatečná kapacita datového úložiště	Podceněné objemy dat při návrhu řešení	Přerušený provoz firmy	1	2	X	X	X	Redukce
11.	Automatické přepnutí při selhání	Poškození úložiště, chyba služby, chyba napájení	Přerušovaný provoz firmy	1	2	X	X	X	Akceptace
12.	Poruchy přepnutí	Nedokončené replikace dat, zhroucení prostoru úložiště	Přerušovaný provoz firmy	2	2	X	X	X	Akceptace
13.	Výpadky elektrického napájení	Výpadky napájení delší, než je kapacita UPS (firma neplánuje pořízení záložního generátoru)	Přerušovaný provoz firmy	2	2	X	X	X	Akceptace
14.	Zpomalení provozu	Porucha disku	Přerušovaný provoz firmy	2	2	X	X	x	Akceptace
15.	Autentizační chyby	Konfigurace sytému, která spoléhá na autentizaci v jiných místech firemní inftrastruktury (například LDAP databází), nevyužití protokolů FCAP (FIBRE CHANNEL AUTHENTICATION Protocol), DH-CHAP (Diffie-Hielman CHAP) a Fibre Channel Security	Přerušovaný provoz firmy	3	1	X	X	X	Redukce

		Protocol (FC-SP)							
16.	Chybná oprávnění	Autorizační parametry přebírané z WWN (World Wide Names) z adaptérů hostitelské sběrnice Fibre Channel.	Přerušovaný provoz firmy	3	1	X	X	X	Redukce
17.	Nižší dostupnost služby	Chyby v rámci 2. vrstvy Fibre Channel snižující kvalitu služby (QoS)	Přerušovaný provoz firmy	2	2	X	X	X	Redukce

Zdroj: vlastní zpracování

V rámci analýzy rizik bylo identifkováno 17 rizik, z nich 12 bylo označeno jako nízká rizika a 5 bylo vyhodnocena jako střední rizika. Výsledek je poměrně očekávaný, protože plánovaná změna a navrhované technologie (SAN a Fibre Channel) jsou již dávno technologicky vyzrálé, takže kdyby jejich nasazení i dnes představovalo pro firmy vážná rizika, těžko by se na trhu rozšířila do dnešní podoby a těžko by si je firmy pořizovaly v rozsahu, který uvádí statistiky.

Rizika byla v rámci analýzy vyhodnocena, u každého bylo znázorněno, které typy mitigačních opatření přichází v rámci firemního risk apetitu do úvahy a u každého byla v posledním sloupci navržena vhodná/adekvátní varianta manažerského opatření.

5 Výsledky a diskuse

5.1 Návrh implementace

Klíčovými navrženými fázemi implementace SAN prostředí ve firmou jsou:

- postavení SAN infrastruktury ve vnitřní části sítě, konfigurace všech prvků,
- export dat ze stávajícího databázového serveru,
- rekonfigurace firewallů v demilitarizované zóně (DMZ),
- striktní síťové oddělení přístupu k přepínači Fibre Channel 2 interními uživateli,
- striktní síťové oddělení přístupu k přepínači Fibre Channel 1 externími uživateli z demilitarizované zóny,
- import dat do nového úložiště (s rozdělením na Diskové pole 1 a Diskové pole 2),
- konfigurace prostupů mezi oběma Fibre Channel přepínači,
- definice firemní security policy pro přístup k datům,
- formou revize IT strategie ukotvení odpovědnosti za bezpečnostní nastavení a správu celé firemní počítačové sítě ve firmě.

Bez ohledu na to, pro kterou variantu řešení SAN infrastruktury se management Firmy rozhodne (zda se bude inspirovat návrhem v této práci nebo zvolí jiné vlastní řešení), musí v rámci schválení vybrané varianty vyčíslit náklady potřebné na zamýšlený krok.

5.2 Zajištění finančních prostředků

Pro vybranou variantu by tedy měly být kompletně známy všechny potřebné finanční prostředky, které je nutné zajistit ještě před spuštěním realizace vybraného návrhu řešení. Protože navrhovaná změna je finančně nákladná, nemělo by se stát, že se Firma pustí do realizace a začne podnikat první kroky, aniž by měla zajištěny potřebné finanční prostředky na implementaci.

Nelze samozřejmě vyloučit, že nemůže dojít k situaci, kdy firma bude mít veškeré náklady vyčísleny, projekt bude schválen, veškeré finanční prostředky budou zajištěny a poté dojde k neočekávané události, kvůli které se alokované (a odložené) peněžní prostředky budou muset využít na řešení nepředpokládané situace a vynaložená investice bude z pohledu zachování provozu firmy nezbytná. Pro takový případ by měla mít firma připraven záložní plán „B“, s jehož pomocí bude moci získat další finanční prostředky pro realizaci (například

formou předjednaného podnikatelského úvěru u banky) posunutím realizace implementace SAN infrastruktury na jiné (pozdější) období apod.

5.3 Paralelní provoz

Pro případ, že k neočekávané situaci a zmíněným problémům dojde v průběhu realizace implementace, bude vhodné, aby firma provozovala současnou databázovou infrastrukturu dále, pořizovala do ní přes své aplikace nová (další) data a původní systém nevypínala do chvíle, než bude nové prostředí plně nainstalováno, nakonfigurován a provozně otestováno. V praxi někdy přistupují firmy v podobných situacích k tomu, že data ukládají do staré i nové lokace paralelně, protože testování nové infrastruktury chtějí provést po delší období, aby se nestalo, že se pár týdnů po „přepnutí“ do nového systému zjistí, že se například korektně neukládají některá data, že je v nich „integritní díra“, že nový systém kapacitně nezvládá ukládání dat nebo naopak přístup narůstajícího počtu uživatelů apod.
Pokud bude mít management Firmy tyto obavy, je vhodné, aby součástí projektu byla rovněž podrobně analyzovaná a navržená fáze přechodu z původního systému do nového, která minimalizuje riziko případných škod a neočekávaných událostí s negativním dopadem na provoz Firmy a její reputaci na trhu.

5.4 Výběr dodavatelů

V rámci přípravy vybrané varianty je nutné zajistit dodavatele řešení. Při jejich výběru by měla Firma pečlivě zvážit, která firma bude umět nakupované zařízení nejen dodat a pomůže s jeho instalací a konfigurací, ale která bude následně umět zajistit podporu jeho provozu. Z tohoto důvodu je více než vhodné v rámci výběrového řízení na dodavatele definovat rovnou parametry provozní podpory, které budou zakotveny v příslušné SLA smlouvě na podporu provozu. SAN infrastruktura se ve Firmě stane součástí jejích kritických prvků, na jejíž provozní dostupnosti a funkčnosti bude firma silně závislá. V SLA smlouvě je doporučováno nastavit operační časy, které dodavatele zaváží k časům, do kterých musí nahradit vadné části systému. Pokud si totiž firma vybere pro své řešení ne zcela frekventovaně prodávané (na českém trhu) komponenty, mohlo by se snadno stát, že dodavatel je nedrží standardně skladem, ale objednává je na zakázku (například v centrále firmy, která může být geograficky značně vzdálená), což znamená, že reálná dostupnost některých náhradních dílů provozovaného řešení může být v řádu i jednotek měsíců.

5.5 Testování nového systému

Součástí implementačního projektu by mělo být rovněž testování nového systému, které by mělo být rozděleno na funkční testování a testování bezpečnosti.

Cílem funkčního testování bude:

- ověřit funkčnost všech segmentů SAN infrastruktury,
- ověřit dostupnost dat pro všechny typy interních i externích uživatelů,
- ověřit rychlost vyřizování uživatelských požadavků na data (včetně měření jejich latence),
- ověřit automatické verzování dat.

Cílem testování bezpečnosti SAN infrastruktury bude:

- ověřit kompletnost a integritu importovaných dat z původního systému,
- ověřit konfiguraci security nastavení na firewallech v demilitarizované zóně,
- ověřit funkčnost nastavení rolí při přístupu k datům,
- ověřit kompletnost provozního bezpečnostního logování přístupu k datům,
- formou zátěžových testů ověřit schopnost systému vypořádat se s větším počtem uživatelských požadavků.

Bezpečnostní testování je náročné na know-how, které je pro jeho kvalitní provedení nezbytné (včetně používaných nástrojů). Běžné malé a střední firmy nemívají takové specialisty, kteří jsou v této oblasti odborníky, a proto si pro podobné testování najímají externí specializované firmy, což přináší 2 typy rizik:

a) najatá firma nemusí provést bezpečností testování kvalitně a odborně, protože její postupy, procesy metody, nástroje a know-how nebude moci Firma v roli objednatele posoudit a vyhodnotit, protože sama takové znalosti nemá (proto si tuto externí firmu najímá),
b) externí najatá firma může získat důvěrné a citlivé informace o vnitřní architektuře IT infrastruktury ve firmě včetně jejího zabezpečení, které mohou její zaměstnanci (jako nejslabší bezpečnostní článek ve firmě dodavatele) teoreticky zneužít. Tomuto riziku se předchází většinou tak, že externí firma záměrně nedostává žádné informace o IT

infrastruktuře a jejím zabezpečení a jejím úkolem je odhalit slabiny v oblasti bezpečnosti.

Tento přístup sice na první pohled vypadá jako bezpečné řešení, ale na druhé straně lze předpokládat, že pokud firma objeví bezpečnostní díry, může během těchto testů získat i nějaká data, ke kterým by neměla mít přístup. Obdobně, pokud firma najde bezpečnostní chyby, navrhne objednateli (Firmě) opatření směřující k nápravě, což je sice na první pohled také pozitivní, nicméně pokud firma podle návrhu svou infrastrukturu a její konfiguraci podle doporučení upraví, znamená ze, že dodavatel ví, jak je bezpečnost ve firmě řešena, co je monitorováno, kde a jak logováno apod. Z uvedených důvodů je vhodné najímat na security testy jen známé, prověřené a spolehlivé firmy, u kterých je riziko menší než u levných neznámých firem s krátkou podnikatelkou historií.

Základní logikou nastavení bezpečnosti SAN infrastruktury ve Firmě by mělo vycházet z postulátu, že je vše apriorně zakázáno a jen to, co je záměrně a vědomě požadováno, je povoleno. V praxi to znamená, že prostupy mezi síťovými segmenty, porty, IP rozsahy, protokoly apod. jsou po základní instalaci plošně zakázány a v rámci konfigurace systému by mělo být administrátorem systému povoleno jen to, co je pro provoz systému nezbytné (za předpokladu, že administrátor rozumí všemu, co v systému jako jeho správce povoluje).

5.6 Provozní monitoring

Provoz systému by měl být kvůli jeho bezpečnosti logován. V navrženém systému není nutné logovat všechny uživatelské přístupy, protože prostor, který by záznamy o uživatelských požadavcích zabral, by mohl neúměrně narůst. Firma by v rámci své IT-security strategie měla mít interně nastaveno, které typy dat a operací chce monitorovat a logovat, jak dlouho se má historie logů uchovávat apod.

Tato bezpečnostní pravidla by měla na jedné straně rozlišovat interní a externí (z DMZ) přístupy k datům, na druhé straně by se měly rozlišovat typy ukládaných dat. Každá firma pracuje s citlivými údaji (finančního, obchodního či strategického charakteru) a přístup k těmto datům by měl být důkladněji a přísněji monitorován (včetně logování). U malých a středních firem se většinou nákladově nevyplácí integrovat do systému drahé nástroje, které budou umět klasifikovat všechny typy dat, se kterými se ve firmě pracuje, proto se

v takových prostředích bezpečnost dat rozlišuje jejich uložištěm. Znamená to, že si firma rozdělí svá data do několika skupin (z pohledu jejich citlivosti a důvěrnosti), k nimž nastaví různá pravidla přístupů. Tento princip dává následně firmě možnost nastavit monitorování a logování přístupu k datům je pro vybrané skupiny dat ve vybraných úložištích.

5.7 Zálohování dat

Zálohování dat v nové SAN infrastruktuře není v této práci samostatně řešeno. Firma si bude zálohování dat řešit sama a pro tento účel chce využít HW zařízení, které již má, které dlouhodobě provozuje, se kterým umí pracovat, investovala do něj a je toho názoru, že pro ni nemá v současné době význam pořizovat nové zálohovací řešení.

6 Závěr

Cílem diplomové práce byl návrh implementace SAN úložiště a s ním spojené infrastruktury v konkrétní firmě. Pro splnění návrhu bylo zapotřebí provést rozsáhlé seznámení s procesy ve Firmě a provést kvalitní analýzu současného stavu.
Po analýze současné problematiky a na základě zjištění práce s daty ve Firmě, byl navržen přechod ze současného ukládání dat bez SAN na princip ukládání pomocí Fibre Channel, a to dvou přepínačů Brocade 300. Zásadní rozdíl proti současnému stavu bude v tom, že nové řešení bude mít dvě nezávislá síťová rozhraní, jedno určené pro přímou komunikaci uživatelů přistupujících z internetu přes demilitarizovanou zónu, druhé síťové rozhraní bude sloužit pro přístup uživatelů z vnitřní sítě.
V rámci analýzy rizik bylo identifkováno 17 rizik, z nich 12 bylo označeno jako nízká rizika a 5 bylo vyhodnocena jako střední rizika. Výsledek je poměrně očekávaný, protože plánovaná změna a navrhovaná technologie (SAN a Fibre Channel) jsou již dávno technologicky vyzrálé a pro firmy nepředstavují vážná rizika.

Problematika technologií pro persistentní ukládání dat a SAN architektura jsou poměrně komplikovanými oblastmi. SAN architektura vznikla primárně kvůli růstu požadavků a potřeb firem týkajících se zabezpečení a konsolidace dat. Z důvodu poměrně vysokých pořizovacích nákladů se i dnes SAN sítě budují hlavně ve větších společnostech (Telco, automotive, finanční sektor apod.), protože v těchto oblastech a oborech má řada společností potřebu vysoké dostupnosti svých dat. Firemní systémy musí mít rychlé uživatelské odezvy a musí být škálovatelné.

Problematice SAN architektury se věnovala tato práce. Byl zpracován přehled dané problematiky, byly popsány jednotlivé možnosti zapojení a jejich výhody i nevýhody. Teoretický přehled řešené problematiky byl zaměřen primárně na oblasti Storage Area Network (SAN) a Fibre Channel.
V praktické části práce byla navržena implementace SAN v prostředí konkrétní firmy. Nejdříve byla popsána současná podoba ukládání dat ve firmě a následně bylo navrženo konkrétní SAN řešení. Cíle práce byly splněny.

7 Seznam použitých zdrojů

ALZA.CZ. *RAID disková pole*. [cit. 2023-01-17].
Dostupné online z https://www.alza.cz/raid-diskova-pole

BOUŠKA, P. *Fibre Channel SAN síť a konfigurace Windows Server 2012*. 2017.
Dostupné online z https://www.samuraj-cz.com/clanek/fibre-channel-san-sit-a-konfigurace-na-windows-server-2012/

BROADCOM. *Fibre Channel Networking Switches & Directors*. [cit. 2023-02-02].
Dostupné online z https://www.broadcom.com/products/fibre-channel-networking/switches

BIGELOW, J. *What is network – attached storage (NAS)? A completew guid.* [cit. 2023-01-22].
Dostupné online z https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/network-attached-storage

CISCO. *About Cisco*. [cit. 2023-02-02].
Dostupné z https://www.cisco.com/c/en/us/about.html

CZC.CZ. *Synology RackStation RS822+*. [cit. 2023-01-17].
Dostupné online z https://www.czc.cz/synology-rackstation-rs822/352241/produkt

DELL. *Přepínač Brocade 300 SAN*. [cit. 2023a-01-17].
Dostupné online z
https://www1.euro.dell.com/cz/cs/corp/storage/switch_brocade_300/pd.aspx?refid=switch_brocade_300&s=corp

DELL.COM. *Úvod do sítí Fibre Channel SAN (Storage Area Network)*. [cit. 2023b-01-22].
Dostupné online z https://www.dell.com/support/kbdoc/cs-cz/000133576/%C3%BAvod-do-s%C3%ADt%C3%AD-fibre-channel-san-storage-area-network

EMPEY, Charlotte a Nica LATTO. *What Is a VPN & How Does It Work?* 2022. [cit. 2023-02-02].
Dostupné z: https://www.avast.com/c-what-is-a-vpn

EPOS.CZ. *Blokové schéma modulů IS OBISLite*. [cit. 2023-01-12].
Dostupné online z https://www.epos.cz/obislite/schema.html

FS COMMUNITY. *Fibre Channel Switch vs Ethernet Switch: What are the Differences?* 2021.
Dostupné online z https://community.fs.com/blog/fibre-channel-vs-ethernet-switch-what-are-the-differences.html

HUAWEI. *Configuring Fibre Channel Switches (Applicable to Fibre Channel Connections)* [online]. [cit. 2023-02-02].
Dostupné z:
https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100112636/ccddc95d/configuring-fibre-channel-switches-applicable-to-fibre-channel-connections

IBM.COM. *A storage area network (SAN) is a dedicated network tailored to a specific environment — combining servers, storage systems, networking switches, software and services*. [cit. 2023-01-22].
Dostupné online z https://www.ibm.com/topics/storage-area-network

LENOVO. *Brocade 300 FC SAN Switch for Lenovo*. [cit. 2023-01-17].
Dostupné online z https://lenovopress.lenovo.com/lp0044-brocade-300-fc-san-switch

LEVENS, S. *What's the Diff: NAS vs. SAN.* 2021.
Dostupné online z https://www.backblaze.com/blog/whats-the-diff-nas-vs-san/

LUTKEVICH, B. *Network-attached storage (NAS).* [cit. 2023-01-22].
Dostupné online z https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/network-attached-storage

MYRASECURITY. *What is DNS?* [cit. 2023-02-02].
Dostupné z: https://www.myrasecurity.com/en/what-is-dns/

NETAPP.COM. *What is SAN (Storage Area Network).* [cit. 2023-01-22].
Dostupné online z https://www.netapp.com/data-storage/what-is-san-storage-area-network/

PLATZ, Carol. *Direct Attached Storage (DAS) Disadvantages & Alternatives.* Lightbitslabs.com [online]. 2021. [cit. 2023-02-02].
Dostupné z: https://www.lightbitslabs.com/blog/direct-attached-storage-disadvantages-and-alternatives/

PURESTORAGE.COM. *What Is a Storage Area Network (SAN) and How Does It Work?* [cit. 2023-01-22]. Dostupné online z https://www.purestorage.com/knowledge/what-is-storage-area-network.html

PURESTORAGE.COM. *What Is Direct Attached Storage (DAS) and How Does It Work?* [online]. [cit. 2023-02-02].
Dostupné z: https://www.purestorage.com/knowledge/what-is-direct-attached-storage.html

RAFFO, D. *iSCSI (Internet Small Computer Systém Interface).* [cit. 2023-02-02].
Dostupné online z https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/iSCSI

RUBENS, Paul. *What is Direct Attached Storage*? 2019.
Dostupné online z https://www.enterprisestorageforum.com/hardware/what-is-direct-attached-storage/

SEAGATE.COM. *What is NAS (Network Attached Storage) and Why is NAS Important for Small Businesses?* [cit. 2023-01-22].
Dostupné online z https://www.seagate.com/tech-insights/what-is-nas-master-ti

SHELDON, Robert. *Direct-attached storage (DAS).* [cit. 2023-02-02].

Dostupné online z https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/direct-attached-storage

SLIWA, Carol. *Fibre Channel switch (FC switch).* [online]. [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/Fibre-Channel-switch-FC-switch

SYNOLOGY.COM. *Jak začít používat cílovou službu iSCSI Target na zařízení Synology NAS*. 2021. Dostupné online z https://kb.synology.com/cscz/DSM/tutorial/How_to_use_the_iSCSI_Target_service_on_Synology_NAS

TAYLOR, Christine. *What Is iSCSI and How Does It Work?* Enterprisestorageforum.com [online]. 2019, [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://www.enterprisestorageforum.com/hardware/what-is-iscsi-and-how-does-it-work/

THEASTROLOGYPAGE.COM. *Čo je to optické pripojenie (ficon)? - definícia z technológie.* 2023. Dostupné online z https://sk.theastrologypage.com/fiber-connection

VMWARE.COM. *What is SAN and how does it work?* [cit. 2023-01-22]. Dostupné z: https://www.vmware.com/topics/glossary/content/storage-area-network-san.html

What is Internet Small Computer System Interface (iSCSI). Stonefly.com [online]. [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://stonefly.com/blog/what-is-internet-small-computer-system-interface-iscsi

YOUTUBE.COM. *Storage Area Network. Network Basics*. [cit. 2023-01-22]. Dostupné online z https:// www.youtube.com/watch?v=Pu4b8K0BQ9Y

Seznam obrázků

Seznam tabulek