

Technická univerzita v Liberci  
FAKULTA MECHATRONIKY A MEZIOBOROVÝCH  
INŽENÝRSKÝCH STUDIÍ



## Diplomová práce

Katedra softwarového inženýrství

Studijní program: Elektrotechnika a informatika  
Obor: Automatické řízení a inženýrská informatika

Realizace virtuálního modelu výtahu vícepatrové  
budovy jako úlohy pro výuku logického řízení

**Autor:**  
Petr Vinš

**Vedoucí práce:**  
Ing. Jiřina Královcová

V Liberci dne: 20. 5. 2002

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Katedra softwarového inženýrství

Školní rok: 2001/2002

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro: Petra Vinše  
studijní program: 2612T – Elektrotechnika a informatika  
obor: Automatické řízení a inženýrská informatika

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona o vysokých školách č.111/1998 Sb. určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu:

**Virtuální model výtahu vícepatrové budovy jako úloha pro výuku logického řízení**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s prostředky grafické knihovny OpenGL pro tvorbu 3D grafických scén.
2. Seznamte se s protokolem EPSNET pro komunikaci PLC TECOMAT a PC.
3. Navrhněte model výtahu maximálně pětipatrové budovy.
4. Realizujte virtuální model výtahu jako úlohu pro logické řízení tak, aby výsledný software umožňoval
  - volbu složitosti úlohy (počet pater 2-5, počet šachet 1-2)
  - dostatečně názorné zobrazení zařízení včetně indikace stavu akčních veličin a senzorů
  - interaktivní ovládání vstupních parametrů
  - chod úlohy v demonstračním módu
  - řízení modelu pomocí PLC TECOMAT.

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace

Rozsah průvodní zprávy: cca 40 až 50 stran

Seznam odborné literatury:

- [1] WOO, M. et. al.: OpenGL Programming Guide, Third Edition. Addison-Wesley, Reading  
Messachusetts, 1999
- [2] ŽÁRA, J. - BENEŠ, B. - FELKEL, P.: Moderní počítačová grafika. Computer Press,  
Praha, 1998
- [3] Firemní materiály firmy TECO, a.s.
- [4] On-line nápověda vývojového prostředí Delphi

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiřina Královcová

Konzultant:

Zadání diplomové práce:

25. 10. 2001

Termín odevzdání diplomové práce:

25. 5. 2002



Vedoucí katedry

Ing. Petr Tůma, CSc.

Řečník

Prof. Ing. Vojtěch Konopa, CSc.

V Liberci dne 25. 10. 2001

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu.

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že souhlasím s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení, kopírování, apod.).

Jsem si vědom toho, že: užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše). Diplomová práce je majetkem školy, s diplomovou prací nelze bez svolení školy disponovat.

Beru na vědomí, že po pěti letech si mohu diplomovou práci vyžádat v Univerzitní knihovně Technické univerzity v Liberci, kde bude uložena.

V Liberci dne 27. 5. 2002

Petr Vinš



## Realizace virtuálního modelu výtahu vícepatrové budovy jako úlohy pro výuku logického řízení

### Resumé

Diplomová práce se zabývá vizualizací procesu logického řízení, přičemž zároveň řeší komunikaci s řídicím zařízením. Jedná se o vizualizaci virtuálního modelu výtahu vícepatrové budovy, který je řízen programovatelným logickým automatem (PLC) Tecomat. Práce vznikla jako učební pomůcka k výuce studentů, popisuje veškeré použité prostředky, celý produkt a práci s ním ve formě manuálu. Dále obsahuje přílohy uvádějící programové řešení některých problémů a naznačuje možné pokračování.

## Realization of virtual model of multistorey building as a task for logic control learning

### Summary

This Thesis deals with vizualization of logic process controlling and together solves the communication with controlling device. It is about vizualization of virtual model of multistorey building controlled by programmable logic controller (PLC) Tecomat. The work arisen as a perceptual tool for teaching students. It describes all of used resources, whole product and work with it in a manual form. Next it contains appendix about programmatic solving of some problems and signifies possible continuance.

|                                                         |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 ÚVOD .....</b>                                     | <b>8</b>  |
| <b>2 ROZBOR ZADANÉ ÚLOHY .....</b>                      | <b>9</b>  |
| 2.1 REÁLNÝ MODEL VÝTAHU .....                           | 9         |
| 2.2 NAVRŽENÝ MODEL VÝTAHU .....                         | 10        |
| 2.3 KOREKTNÍ ŘÍZENÍ NAVRŽENÉHO MODELU VÝTAHU .....      | 11        |
| 2.4 GRAFICKÉHO ZOBRAZENÍ .....                          | 13        |
| 2.5 KOMUNIKACE S PLC .....                              | 15        |
| 2.6 ROZDĚLENÍ APLIKACE VIRTUÁLNÍHO VÝTAHU .....         | 19        |
| <b>3 VIRTUÁLNÍ MODEL VÝTAHU .....</b>                   | <b>20</b> |
| 3.1 SPUŠTĚNÍ APLIKACE .....                             | 20        |
| 3.2 GEOMETRIE MODELU .....                              | 22        |
| 3.3 OVLÁDÁNÍ .....                                      | 22        |
| 3.4 VŠEOBECNÁ NASTAVENÍ .....                           | 23        |
| 3.5 OKNO VSTUPY / VÝSTUPY .....                         | 25        |
| 3.6 NASTAVENÍ KOMUNIKACE A SIMULACE .....               | 26        |
| 3.7 ŘÍZENÍ A ZÁKAZNÍCI .....                            | 29        |
| <b>4 PLC SERVER .....</b>                               | <b>31</b> |
| 4.1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY .....                          | 31        |
| 4.2 SPUŠTĚNÍ APLIKACE .....                             | 33        |
| 4.3 OKNO NASTAVENÍ KOMUNIKACE .....                     | 34        |
| 4.4 ZAHÁJENÍ A ZRUŠENÍ KOMUNIKACE S TECOMATEM .....     | 36        |
| 4.5 ZOBRAZENÍ TOKU DAT .....                            | 37        |
| 4.6 KOMUNIKACE PLC SERVERU S OSTATNÍMI APLIKACEMI ..... | 37        |
| 4.7 POPIS FORMÁTU PLC PROTOKOLU .....                   | 38        |
| 4.8 CHYBOVÁ HLÁŠENÍ .....                               | 39        |
| 4.9 PŘÍKLAD KOMUNIKACE .....                            | 40        |
| 4.10 ZÁKLADNÍ NASTAVENÍ KLIENTA .....                   | 42        |
| 4.11 POMOCNÉ DEKÓDUJÍCÍ PROCEDURY .....                 | 43        |
| 4.12 POMOCNÉ TESTOVACÍ PROGRAMY .....                   | 44        |
| <b>5 ZÁVĚR .....</b>                                    | <b>46</b> |

# 1 Úvod

V dnešní době jsou úlohy logického řízení velmi časté, velké množství technických procesů je řízeno právě programovatelnými logickými automaty (dále také PLC). Je potřeba, aby byli vychováváni studenti jako odborníci, kteří již s PLC umí pracovat. Na Fakultě mechatroniky a mezioborových inženýrských studií je několik předmětů zabývajících se touto problematikou.

Cílem práce bylo vytvořit takovou aplikaci, která by vizualizovala zadaný technický proces ve 3D, v mém případě výtah vícepatrové budovy, seznámit se s protokolem EPSNET pro komunikaci PLC TECOMAT a PC přes sériový port, navrhnout model výtahu maximálně pětipatrové budovy s volitelným počtem pater (2-5) a počtem šachet (1-2) s dostatečným názorným zobrazením zařízení včetně indikace stavu akčních veličin a senzorů. Tyto vstupní parametry musí být interaktivně ovladatelné. Model má být říditelný pomocí PLC Tecomat a také běžet v demonstračním módu.

Aplikace realizace virtuálního modelu výtahu vícepatrové budovy jako úlohy pro výuku logického řízení pomocí PLC je, jak již název napovídá, určena k výuce studentů, kteří se učí programovat programovatelné logické automaty, v tomto případě PLC Tecomat. Umožňuje jim vidět výsledky práce v reálném čase na zcela volně říditelném modelu. Zároveň mohou objektivně porovnat své navrhnuté řízení s další spuštěnou aplikací v demonstračním módu.

## 2 Rozbor zadané úlohy

Cílem diplomové práce bylo vytvořit virtuální model budovy s volitelným počtem pater, která je obsluhována jedním nebo dvěma výtahy říditelnými pomocí programovatelného logického automatu Tecomat. Model (celá scéna) má být vhodně zobrazena na monitoru, musí být spustitelná na PC s operačním systémem Windows. Zároveň musí umožnit volbu jednotlivých parametrů simulace a komunikace. Komunikace s PLC Tecomat má probíhat přes sériový port.

### 2.1 Reálný model výtahu

Klasický výtah se v dnešní době skládá z kabiny pro přepravu lidí (zákazníků) či nákladu, šachty, ve které je výtah upevněn, dvou dveří (jedny pohyblivé vnitřní, spojené s kabinou výtahu a jedny nepohyblivé vnější, spojené s šachtou) a pohonu – nejčastěji asynchronního motoru, kterým můžeme řídit rychlost a směr otáček. Řízení směru motoru je důležité pro pohyb výtahu nahoru a dolů, řízení rychlosti je nutné kvůli zpomalení/zrychlení před/po zastávce výtahu.

Celá konstrukce výtahu je umístěna v budově, často bývá k dispozici více výtahů najednou.

V nejčastější řízení je řízení pomocí PLC, ve kterém běží program, který nastavuje své výstupy v závislosti na jeho vstupech (tuto závislost nastavuje vnitřní program), na které jsou napojeny akční členy a senzory. Standardně bývá výtah vybaven čidly pro zjištění:

- požadovaného patra ve výtahu, popř. jiných tlačítek (Stop apod.)
- požadavku patra vně výtahu (na šachtě, pouze pro volbu pohybu nahoru/dolů)
- informace o pozici výtahu (v jakém je patře)

- přetížení, překážky ve dveřích
- o stavu pozice dveří (zda jsou zavřené)
- a další, např. volání vzdáleného dispečinku při poruše výtahu apod.

Některé vstupy ovlivňuje uživatel přímo (volba patra), některé nepřímo (přetížení).

PLC potom v závislosti na těchto vstupech nastavuje své výstupy, které představují nejčastěji tyto příkazy:

- Stop, okamžité zastavení výtahu
- pohyb nahoru, dolů
- otevřít / zavřít dveře výtahu

## 2.2 Navržený model výtahu

Pro účely programu byl navržen následující virtuální model výtahu tak, aby se blížil co nejvíce k reálnému a aby splňoval zadání práce:

Jedná se o dva výtahy (každý má svou šachtu), které se nachází v budově skládající se s ohledem na pozorovatelnost scény pouze z podlah v jednotlivých patrech. Jednotlivé parametry se dají měnit (viz. zadání), to vše bude popsáno v následujících kapitolách (zejména kap. Všeobecná nastavení a Nastavení komunikace a simulace).

Důležité rozměry modelu:

- rozměry kabin výtahů : 1.5 x 1 x 2 m ( šířka x hloubka x výška ) .
- výška mezi jednotlivými patry 2.2 m.

Každý výtah může pojmout maximálně 4 osoby, jinak nastane přetížení. Přetížení se zde neurčuje z celkové váhy hmoty ale z počtu osob ve výtahu. Ovládání výtahu uvnitř je klasické, skládá se z tlačítek pro volbu patra a tlačítka stop. Signalizací je rovněž oznámeno, zda nastalo

přetížení nebo je mezi dveřmi překážka (zákazník, viz níže). Ovládání pomocí tlačítek na šachtě umožňuje zvolit, zda chce jet zákazník nahoru nebo dolů. Stisknutí tlačítka se projeví rozsvícením. Po splnění zadání (výtah zastavil v požadovaném patře a otevřel dveře) tlačítko zhasne. Další informace o výtahu jsou údaj o jeho pozici – v jakém se nachází patře a údaj o tom, zda jsou zavřené dveře. Řízení je pomocí příkazů stop, pohyb nahoru, pohyb dolů, otevřít dveře, zavřít dveře.

Oba výtahy mají dveře rozdělené uprostřed a otevírající se od sebe, rovněž v každém patře jsou mříže šachty (mříže proto, aby byl vidět pohyb výtahu), které nejsou řízeny PLC ale aplikací. Jsou napojeny na dveře výtahu a otevřou / zavřou se pouze s dveřmi výtahu, ale jen v okamžiku, pokud výtah skutečně stojí v patře s určitou tolerancí ( $\pm 20$  cm). Tento způsob je zvolen ze dvou důvodů. Jednak z hlediska PLC řízení je zbytečné provádět v podstatě totožný příkaz otevření dveří a jednak lze takto detekovat chybu nepřesného řízení.

Každý výtah je řízen pomocí pěti binárních výstupů (jedná se o výstupy z PLC) a nastavuje maximálně 22 binárních vstupů (záleží na počtu nastavených pater budovy) vysílaných do PLC. Všechny vstupy a výstupy jsou popsány a znázorněny v kapitole Okno vstupy / výstupy.

## 2.3 Korektní řízení navrženého modelu výtahu

Ze zadání vyplývá požadavek na chod aplikace v demonstračním módu, který simuluje již vytvořený program v PLC proto, aby jeho programátoři z něho mohli získat znalosti o řízení výtahu.

Simulační proces řídí výtah také pomocí vstupů a vnitřního stavu modelu. Nastavuje výstup následujícím způsobem tak, aby se blížil co nejvíce reálnému řízení:

- pokud není žádný požadavek na výtah, výtah stojí.
- pokud výtah jede, musí před jízdou zavřít dveře, po dojetí (a úplném

zastavení) do požadovaného patra dveře otevře. Před další jízdou chvíli čeká, potom začne zavírat dveře.

- pokud se při zavírání dveří objeví překážka ve dveřích nebo je zmáčknuto tlačítko šachty či výtahu v patře, ve kterém výtah stojí, dveře začne otevírat a znovu čeká. Ale po dovršení dveří již pokračuje v jízdě.
- po stisknutí tlačítka ve výtahu či šachtě v patře, ve kterém výtah stojí, se otevřou dveře výtahu.
- po stisknutí tlačítka ve výtahu či šachtě v patře výše / níže než ve kterém výtah stojí, se výtah rozjede nahoru / dolů.
- pokud jede výtah nahoru a míjí patro, které je ve výtahu zvoleno nebo je v tomto patře zmáčknuto tlačítko šachty pro jízdu nahoru, zastaví. Pokud je zmáčknuto pouze tlačítko šachty dolů, nezastavuje. A naopak.
- pokud do výtahu nastoupí 4 osoby, aplikace simuluje chvilkové přetížení. To způsobí zapnutí čidla přetížení na 1 sekundu. Pro řízení to má ten smysl, že pokud byl výtah při poslední zastávce přetížen, neměl by vůbec zastavovat v patře, kde je sice požadavek šachty správný, ale nikdo ve výtahu v tomto patře nechce vystoupit a proto by se do výtahu nikdo další nevešel.

## **Poznámky**

Pokud dostane výtah povel zastavit, otevřít dveře či jakýkoliv jiný, okamžitě to provede. Výtah je tedy zcela reálně říditelný, řídí se pouze výstupy (z PLC).

Není doporučeno současné nastavení více výstupů, které se navzájem vylučují, tzn. např. pohyb nahoru zároveň s pohybem dolů → nedefinovaný stav a výtah je řízen chaoticky.

Při povelu Stop výtah začne zastavovat, tzn. rovnoměrně zpomalovat a naopak. Zrychlení / zpomalení je přibližně  $(6,27 \cdot \text{rychlost výtahu}) \text{ m/s}^2$  a po dosažení určité minimální rychlosti se výtah zastaví (viz simulace).

V simulačním módu je výtah řízen aplikací a nemusí být založeno připojení k PLC.

## 2.4 Grafického zobrazení

V dnešní době výkonných PC je již zcela běžné zobrazování modelovaných scén ve 3D prostředí renderovaných v reálném čase. Je to jednak z hlediska praktického – objekty se dají natáčet a přibližovat tak, jak se to uživateli hodí a jak je zvyklý vnímat okolní svět a jednak z hlediska estetického. Tento program má splňovat výše uvedené podmínky a musí běžet v prostředí Windows. Zde se nabízí několik možností. Buď použít vykreslování na GDI (graphic device interface), nebo již vytvořených knihoven, ve Windows jsou to OpenGL a DirectX. Pomocí těchto knihoven lze jednoduše definovat a zobrazit scénu ve 3D.

Prostředek pro zobrazení celé scény pod operačním systémem Windows 98 bylo zvoleno OpenGL, jeho Windows API implementace, protože autor práce s ním má již určité zkušenosti.

OpenGL umožňuje zobrazit libovolnou 3D scénu složenou z primitivních geometrických útvarů (body, úsečky, trojúhelníky), ze kterých se skládá každý modelovaný objekt. V praxi se v drtivé většině používá pouze trojúhelníků, protože jedině ten vyjadřuje plochu.

Pokud tedy má být ve Windows aplikaci použito OpenGL funkcí, musí se nejdříve provést jeho inicializaci. To se skládá z nastavení formátu pixelu (jeho typu, barevné hloubky apod.), vytvoření renderovacího kontextu a

nastavení aktuálního OpenGL threadu (programového vlákna) pomocí tohoto kontextu. Od této chvíle lze používat OpenGL funkce.

Objekty se definují funkcemi `glBegin`, `glEnd` a `glVertex`. První dva příkazy uvozují nový objekt, posledním se definují jednotlivé body objektu v prostoru tak, že každé 3 body o souřadnicích  $(x,y,z)$  definují jeden trojúhelník. Dále tu jsou funkce pro transformaci (`glTranslate` - posun) a rotaci (`glRotate` - otočení) souřadného systému, takže posun a natočení objektu docílíme posunem a natočením počátku souřadného systému, vykreslením objektu a obnovením původní matice souřadnic souřadného systému. Trojúhelníky mohou být také potaženy texturou.

Aby scéna složená z objektů vypadala reálněji, používá se osvětlení a stínování modelů. Používání světel musíme nejdříve povolit osvětlování a následně jednotlivá světla (obojí `glEnable` s parametrem `GL_LIGHTING` a `GL_LIGHTx`, maximální počet světel je osm). Dále volíme osvětlovací model (`glLightModel`), vlastnosti světla (`glLight`) a typ materiálu ploch (`glMaterial`). Takto lze nastavit ambientní, difúzní a odrazovou složku světla zvlášť a to jak pro světlo, tak pro materiál. Aby byly objekty správně vystínovány, musí se k nim přiřadit normálové vektory, a to buď plochám nebo bodům. Potom se mluví o plošném a bodovém stínování. Plošné stínování vytváří u objektu dojem, jako by byl vytepaný po ploškách zatímco bodové se snaží tyto plochy zahladit.

Stínování plošné se provádí tak, že se ke každé zobrazované ploše vypočte a přiřadí její normálový vektor (`glNormal`). Stínování bodové je o něco složitější: pro každý bod objektu se naleznou všechny plochy, do kterých tento bod patří, vypočtou se jejich normály a dotyčnému bodu je přiřazen aritmetický průměr těchto normál. Výsledné stínování každé plochy je potom plynulé, stín je interpolován mezi krajními body.

Pomocí složitějších renderovacích technik lze potom dosáhnout světelného odrazu, vlastního stínu objektu, rozostření a podobně, tím se ale tento krátký úvod zabývat nebude.

Ve virtuálním modelu se vyskytují objekty znázorňující zákazníky (dále budou tyto objekty nazývány zákazníci). Tyto objekty byly vytvořeny v programu Caligary True Space 3, uloženy ve formátu ASC a pro účely aplikace byly zkonvertovány. Formát ASC je textový soubor, obsahuje definice bodů a ploch z nich vytvořených a lze se v něm snadno orientovat i bez příslušné znalosti tohoto formátu.

Všechny plochy ve scéně jsou stínovány plošně, zákazníci jsou potom stínováni bodově.

## 2.5 Komunikace s PLC

Model má být říditelný pomocí PLC. Na Fakultě mechatroniky a mezipředmětových inženýrských studií se k výuce používají PLC od firmy Teco, (dále jen Tecomat), proto i model bude říditelný tímto PLC. Tecomaty lze připojit k PC přes sériový port a mohou komunikovat pomocí protokolu EPSNET [1]. K jejich výhodě patří, že komunikace může probíhat po dvou sériových portech a tím pádem k jednomu portu se připojí vývojové prostředí Tecomatu a k druhému virtuální model.

Na síti EPSNET pracují dva druhy stanic:

- nadřazená stanice (master), aktivní, řídí komunikaci
- podřazená (slave), pasivní, odpovídá na dotazy nadřazené stanice

Komunikace pracuje na principu dotaz – odpověď.

Síť EPSNET může být ve dvou základních konfiguracích:

- monomaster, v síti je jedna nadřazená stanice a několik podřazených (toto je náš případ, jedna nadřazená a jedna podřazená stanice)
- multimaster, více nadřazených i podřazených stanic

V monomaster síti může být podřízených stanic až 126, každá má svou virtuální adresu pro identifikaci, je nutné ji využívat v komunikačních příkazech.

V našem případě je jedna podřízená stanice PLC Tecomat.

Nadřízená stanice je potom PC, na kterém běží vizualizační program virtuálního výtahu.

Data ve zprávách jsou zabezpečeny sudou paritou, kontrolním součtem, FCS (viz. příkazy níže) a správnou sekvencí hodnot rámce protokolu. Při zjištění jakékoliv chyby je celé zpráva prohlášena za chybnou a zahozena. Při přenosu dat přes modemy, které nepodporují přenos parity, jsou data zabezpečena 16-ti bitovým CRC polynomem.

Protokol EPSNET obsahuje množství příkazů pro získávání informací z Tecomatu, uvedeny jsou ale pouze ty, které aplikace používá.

#### **CONNECT** – navázání spojení

Zpráva                      SD1 DA SA FC FCS ED

FC = \$69

Pozitivní odpověď   SD1 DA SA FC FCS ED

FC = \$0

#### **READN** – čtení z datové paměti

Zpráva                      SD2 LE LER SD2R DA SA FC \$0B TR1 IR1L

IR1H LR1 ... TRn IRnL IRnH LRn FCS ED

LE = 4+4n (n je počet čtených bloků dat)

FC = \$6C

TRn - oblast zápisníku, ze které se čte

0 - registry X

1 - registry Y

2 - registry S

3 - registry R

IRnL - dolní byte indexu prvního čteného registru

IRnH - horní byte indexu prvního čteného registru

LRn - počet čtených registrů

Pozitivní odpověď SD2 LE LER SD2R DA SA FC DATAR1 ... DATARn  
FCS ED

$$LE = LR1 + \dots + LRn + 3$$

$$FC = 8$$

DATARn - blok čtených registrů

**WRITEN** – zápis do datové paměti

Zpráva SD2 LE LER SD2R DA SA FC \$0C TW1 IW1L  
IW1H LW1 DATAW1... TWn IWnL IWnH LWn  
DATAWn FCS ED

$$LE = 4 + 4n + LW1 + \dots + LWn \quad (n \text{ je počet čtených bloků dat})$$

$$FC = \$63$$

TWn - oblast zápisníku, ze které se čte

0 - registry X

1 - registry Y

2 - registry S

3 - registry R

IWnL - dolní byte indexu prvního zapisovaného registru

IWnH - horní byte indexu prvního zapisovaného registru

LWn - počet zapisovaných registrů

DATAWn - blok zapisovaných registrů

Pozitivní odpověď SACK

Význam uvedených konstant

SD1 - úvodní znak 1 = \$10

SD2 - úvodní znak 2 = \$68

LE - délka dat, počet bytů položek DA+SA+FC+DATA

LER - opakovaná délka dat = LE

SD2R - opakovaný úvodní znak 2 = SD2

DA - cílová adresa, hodnota 0..126, pro podřízenou stanici dotaz, pro nadřízenou stanici odpověď

SA - zdrojová adresa, hodnota 0..126, pro nadřízenou stanici dotaz, pro podřízenou stanici odpověď

FC - řídicí byte rámce, konkrétní hodnoty jsou u jednotlivých zpráv

DATA - vlastní tělo zprávy

FCS - kontrolní součet, bytový součet všech bytů položek DA,SA,FC a DATA se zanedbáním vyšších řádů vzniklých přenosem.

ED - koncový znak = \$16

SACK - krátké potvrzení = \$E5

Vzhledem k časovým poměrům na lince je nutno před dalším dotazem vysílaným do PLC chvíli počkat. Doba čekání je dána délkou dotazu a přenosovou rychlostí na sériové lince.

## 2.6 Rozdělení aplikace virtuálního výtahu

Původně měla být komunikace zabudována přímo do aplikace virtuálního výtahu, ale časem se ukázalo, že by bylo vhodné vytvořit univerzálnější produkt pro jednoduchou komunikaci s Tecomaty, protože tato úloha je poměrně častá. Vytvořit a odladit jednoduchou aplikaci pro komunikaci s Tecomaty totiž zabere několik desítek hodin kvůli sériové komunikaci, konvertování dat apod.

Po dohodě s vedoucí diplomové práce byla použita komunikace pomocí DDE (dynamic data exchange) a vytvořen produkt s názvem PLC server, který je popsán v samostatné kapitole.

Aplikace se tedy skládá ze dvou hlavních částí, a to z části vizualizační, která zobrazuje model výtahu a části komunikační, která vyměňuje data mezi PLC Tecomatem a virtuálním výtahem.

Obě části budou blíže popsány v následujícím textu a následně přiblížíme některé postupy, které byly použity ve vývoji obou aplikací.

## 3 Virtuální model výtahu

Ovládání aplikace vizualizující virtuální model výtahu je co nejjednodušší proto, aby ho student zvládl v co nejkratším čase a aplikaci používal skutečně hlavně pro zobrazení výsledků vlastní práce.

### 3.1 Spuštění aplikace

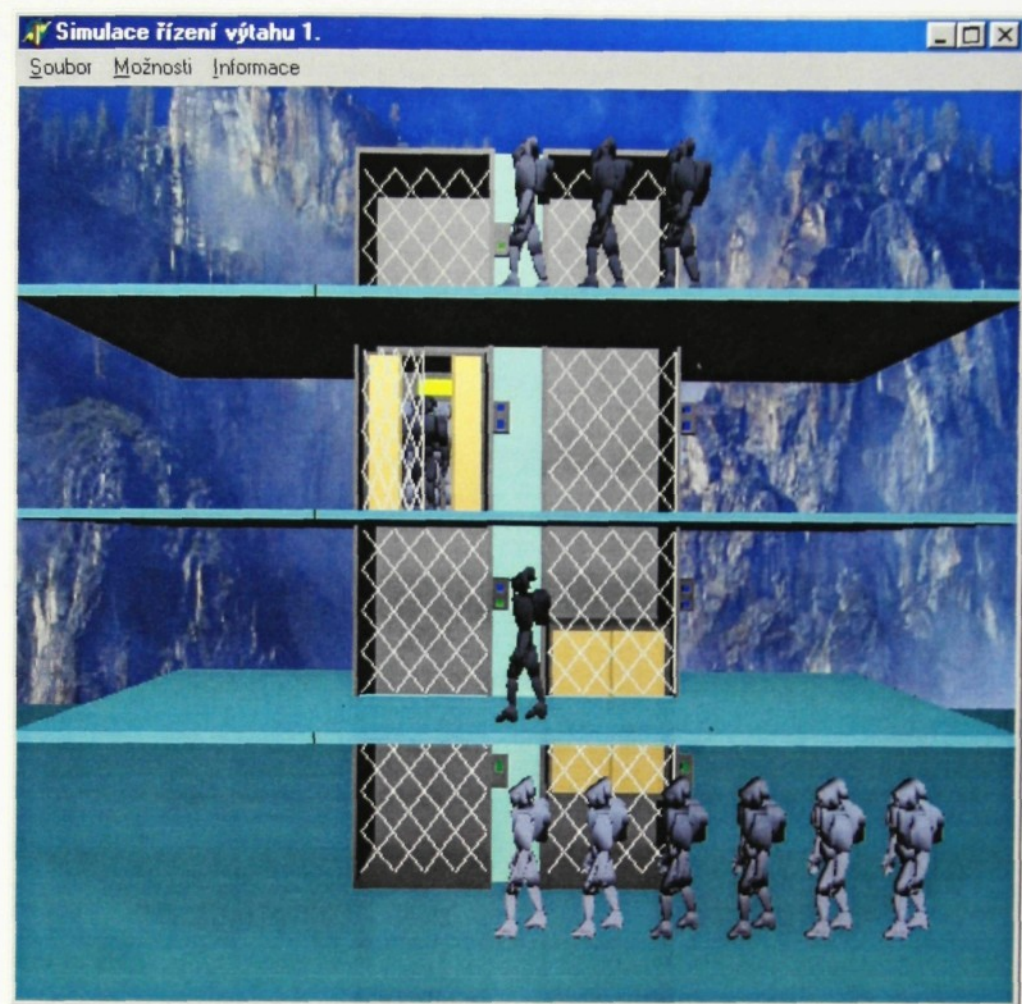
Průměrné hardwarové požadavky aplikace na počítač jsou:

PC s procesorem Intel Pentium na frekvenci 700 Mhz (nebo srovnatelný jiný typ), 32 MB RAM, průměrná grafická karta s 3D akcelerací (ATI). Pro více spuštěných aplikací (kvůli porovnání s hlediska řízení) je doporučena alespoň karta GE-Force 2 MX-400.

Software byl testován v učebně logického řízení, kde běží zcela vyhovujícím způsobem a také na platformách Win95 / 98 / 2000 / XP.

K minimálnímu spuštění programu je potřeba pouze soubor Vytah.exe, ale nebudou k dispozici všechny jeho možnosti. Aby byl program plně funkční, musí být v pracovním adresáři (ten, kde je umístěn soubor Vytah.exe) tyto soubory:

- |                |                                                        |
|----------------|--------------------------------------------------------|
| zakaznik.3do   | - pro zobrazení zákazníků (viz. dále)                  |
| TecoServer.exe | - DDE server komunikující s PLC a virtuálním výtahem   |
| TryTeco.950    | - testovací soubor s předdefinovanými vstupy a výstupy |



Obr. 1 – Vzhled hlavního okna aplikace po spuštění

V podadresáři Grafika jsou uloženy grafické soubory používané v aplikaci. Aplikace se spouští souborem Vytah.exe, který zároveň spustí PLC serveru (TecoServer). Konfigurace PLC serveru bude popsána v druhé části.

Jak po spuštění aplikace vypadá je vidět na obr. 1.

Model výtahu se tedy skládá ze dvou šachet a příslušných výtahů, okolní pomocné konstrukce a zákazníků.

Dále je zobrazen panel s indikací vstupů a výstupů a spuštěna aplikace TecoServer.

## 3.2 Geometrie modelu

Údaje o geometrii modelu jsou částečně důležité pro řízení.

V programu se počítá s těmito rozměry konstrukce: výška mezi jednotlivými patry 2.2 m, rozměry výtahu 1.5 x 1 x 2 m (šířka x hloubka x výška) . Další rozměry a veličiny jsou nastavitelné, viz. panel Nastavení.

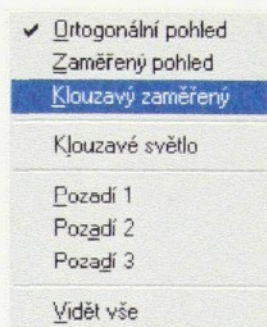
## 3.3 Ovládání

Celá scéna je sledovatelná z vlastního pohledu z pozice, nazývané pozice kamery.

Pozice kamery se ovládá klávesami pro pohyb

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| doprava | - kurzorová klávesa vpravo |
| doleva  | - kurzorová klávesa vlevo  |
| dopředu | - kurzorová klávesa nahoru |
| vzad    | - kurzorová klávesa dolů   |
| nahoru  | - PGUp                     |
| dolů    | - PGDown                   |

Kamera může sledovat scénu třemi způsoby. Po stisku pravého tlačítka na vizualizačním okně se zobrazí pomocné nastavovací plovoucí menu na obr. 2. Toto menu umožňuje změnu typu pohledu, pozadí, pozice světla a pozice kamery.



Obr. 2 – Pomocné nastavovací plovoucí menu

První tři volby se týkají kamery. Uživatel může zvolit buď ortogonální pohled, kterým lze scénu sledovat ve stále stejném dopředném směru, pohled zaměřený do výšky odpovídající aritmetickému průměru poloh obou výtahů a klouzavý zaměřený, který je modifikací zaměřeného, ale pozice kamery se klouzavě přemísťuje podél výtahů tam a zpět. Další volba klouzavé světlo umožní pohyb osvětlení scény tam a zpět podobně jako klouzavý pohled. Nastavení pozadí umožní zobrazit různé obrázky za scénou pro zpříjemnění práce. Uživatel má možnost importovat vlastní pozadí a to tak, že nahradí soubory backgrnd1,2.bmp (pouze tyto) v adresáři Grafika vlastními. Poslední možnost nám přemístí kameru tak, aby uživatel viděl celou scénu, měl by ale být v ortogonálním režimu pohledu.

**Ovládání výtahu** je umožněno několika způsoby.

Výtah lze ovládat pomocí myši kliknutím na tlačítko šachty nebo výtahu přímo v zobrazované scéně, nebo v okně zobrazujícím vstupy a výstupy (viz. Okno vstupy / výstupy).

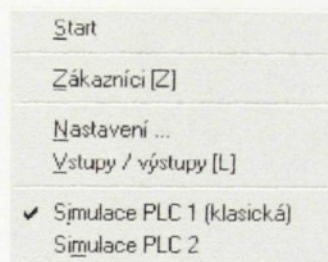
### 3.4 Všeobecná nastavení

Veškerá další nastavení se provádějí přes horní menu obsahující 3 položky - **Soubor / Možnosti / Informace**.

V položce **Soubor** je pouze volba Konec pro ukončení aplikace.

Položka **Informace** obsahuje volbu O aplikaci – zevrubné informace a Informaci o počtu neobsloužených zákazníků (viz. Řízení a zákazníci).

Podrobněji je popsáno menu **Možnosti** na obr. 3.



Obr. 3 – Plovoucí menu Možnosti

Po volbě **Start** začne aplikace komunikovat s DDE serverem, pokud je spuštěný. Jestliže není DDE server připojený k Tecomatu, v nadpisu hlavního vizualizačního okna se vypisuje zpráva Error E4 – server není připojen k Tecomatu, kterou posílá server. V opačném případě bude v nadpisu Řízení pomocí PLC (a to i v případě, že DDE server není spuštěný. Nápis Start se změní na **Stop**, takže po opětovné volbě se komunikace zastaví.

Další volbou jsou **Zákazníci**, spustitelní také klávesou 'z' nebo 'Z'. Poté se začnou náhodně generovat zákazníci, stavět se do fronty a vykonávat své požadavky podle toho, kam chtějí jet. Blíže v kapitole Řízení a zákazníci.

Další volby jsou Nastavení a Vstupy / výstupy (horká klávesa 'l' nebo 'L'), ale těm jsou věnovány samostatné části.

**Simulace PLC 1 a 2**, kde Simulace PLC 1 je od počátku zvolena, spouští simulaci řízení výtahu. Tato možnost je proto, aby měl uživatel možnost zjistit, jak by mělo řízení výtahu vypadat. Výtah je řízen pomocí vstupů a výstupů (a také pomocí vnitřních proměnných), takže je také zřejmé, že výtah takto říditelný je.

Simulace 1 je klasická, tedy ta, která se reálně u výtahů využívá. Druhá simulace je brána s ohledem na přepravu co největšího počtu zákazníků, její nevýhoda ale spočívá v tom, že některý ze zákazníků ať již ve výtahu nebo v poschodí by při nevhodné kombinaci vstupů mohl čekat nepřiměřeně dlouho. Demonstruje alternativní volba řízení.

### 3.5 Okno vstupy / výstupy

Okno vstupy / výstupy (na obr. 4) se objeví pomocí menu nebo stisknutím klávesy 'I' nebo 'L'. Zobrazuje nastavení vstupů a výstupů jako binárních hodnot, světle zelená – svítí - zapnuto, tmavě zelená – nesvítí – vypnuto. Všechny signály jsou popsány, po přejetí některých kratších popisků myší se objeví nápověda popisující čidlo podrobněji. Jediný vstup, který není znázorněn je ten, který říká v jakém patře je výtah. Všechny vstupy a výstupy lze ovládat kliknutím myši na příslušný vstup/výstup, pokud je zaškrtnuta volba *Povolit nastavování ručně*. Takto lze výtah ovládat a popřípadě i simulovat chybové stavy. Jediný vstup, který nelze ovlivnit, je indikace zavřených dveří. Po volbě tlačítka *Odkrýt >>* (nachází se na panelu výstupů, pokud je celé okno odkryto, není viditelné) se odkryje další část okna vstupů/výstupů, kde je možno pomocí přepínačů řídit výtah pohodlněji.

**Pozn.** Výtah je možno řídit ručně (změnou výstupů z PLC) jen pokud jsou vypnuté obě simulace a model není řízen ani pomocí Tecomatu.

Zobrazení vstupů a výstupů
✕

| Vstupy                                                | výťah 1                          | výťah 2                          | Výstupy                                               | výťah 1                          | výťah 2                          | Manuální řízení                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Výtah přivolán do patra dolů / nahoru                 |                                  |                                  | STOP                                                  | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <input checked="" type="radio"/> Vytah 1<br/> <input type="radio"/> Vytah 2         </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input type="radio"/> Nahoru</span> <span><input type="radio"/> Stop</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input type="radio"/> Dolu</span> <span></span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input type="radio"/> Otevřít</span> <span></span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input type="radio"/> Zavřít</span> <span></span> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px 20px; display: inline-block;">             &lt;&lt; Skrýt           </div> </div> |
| 5                                                     | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | Pohyb nahoru                                          | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 4                                                     | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | Pohyb dolů                                            | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3                                                     | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | Otevřít dveře                                         | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2                                                     | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | Zavřít dveře                                          | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1                                                     | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                                                       |                                  |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Zmáčknuto tlačítko ve výtahu                          |                                  |                                  |                                                       |                                  |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5                                                     | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                                                       |                                  |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 4                                                     | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                                                       |                                  |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3                                                     | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                                                       |                                  |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2                                                     | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                                                       |                                  |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1                                                     | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                                                       |                                  |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Stop                                                  | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                                                       |                                  |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Přetížení                                             | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                                                       |                                  |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Překážka                                              | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                                                       |                                  |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Zavřené dveře                                         | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                                                       |                                  |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <input type="checkbox"/> Povolit nastavování manuálně |                                  |                                  | <input type="checkbox"/> Povolit nastavování manuálně |                                  |                                  | <input type="checkbox"/> Povolit nastavování manuálně                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Obr. 4 – Okno vstupy / výstupy

### 3.6 Nastavení komunikace a simulace

Nastavení komunikace a simulace se provádí ve stejnojmenném okně znázorněném na obrázku 5, po volbě v menu Možnosti / Nastavení.

V tomto okně se dá změnit adresace pro komunikaci ze strany klienta s DDE serverem a také různá nastavení pro simulaci.


**Nastavení komunikace a simulace**

Volby simulace

Počet výtahů budovy

2

Rychlost výtahu
0. 

9

 m/s

Počet pater budovy

4

Náhodná čísla init

30870387

Počet zákazníků

30

 / min.

☐ Společné ovládání

Dotaz na PLC jednou za 

50

 ms

Čidlo dojezdu do patra 

40

 cm před patrem

Volby komunikace - vstupy a výstupy z PLC

Vstupy:

výtah 1

výtah 2

Výtah je v patře 1..5

X 

1

 .(1..5)

X 

2

 .(1..5)

Volba patra ve výtahu 1..5

X 

3

 .(1..5)

X 

4

 .(1..5)

Tlačítko STOP

X 3.6

X 4.6

Přivolání nahoru v patře 1..4

X 

5

 .(0..3)

X 

6

 .(0..3)

Přivolání dolů v patře 2..5

X 5.(4..7)

X 6.(4..7)

Kontrola přetížení výtahu

X 

7

 .0

X 7.3

Kontr. překážky ve dveřích

X 7.1

X 7.4

Dveře jsou zavřeny

X 7.2

X 7.5

Výstupy:

výtah 1

výtah 2

Stop - zastavení výtahu

Y 

1

 .0

Y 

2

 .0

Pohyb výtahu nahoru

Y 1.1

Y 2.1

Pohyb výtahu dolů

Y 1.2

Y 2.2

Otevřít dveře výtahu

Y 1.3

Y 2.3

Zavřít dveře výtahu

Y 1.4

Y 2.4

OK

Obr. 5 – Okno nastavení komunikace a simulace

V horní části okna se nacházejí prvky pro nastavení parametrů simulace.

Lze nastavit:

**Počet výtahů budovy** (jeden až dva). Při nastavení jednoho výtahu je toto graficky znázorněno cedulí zelenou cedulí *Mimo provoz* v každém patře, v okně znázorňujícím vstupy/výstupy se všechny příslušné indikace stanou nedostupné a změni barvu na bílou a také zákazníci vykonávají požadavky a nastupují pouze do prvního výtahu.

**Počet pater budovy** nastavuje jak jinak než počet pater. Realizováno je to tak, že model budovy odpovídá počtu nastavených pater a tlačítka ve výtahu jsou také jen do maximálního patra. Pokud se v okně vstupů/výstupů zapne vstup z vyššího patra, než je počet pater budovy, je ignorován.

**Počet zákazníků** udává, jak rychle se zákazníci generují. Počet lze nastavit od 5 do 30 za minutu, inkrementace/dekrementace po pěti zákaznících.

**Dotaz na PLC** nastavuje čas, po jehož každém uplynutí se provede zápis či dotaz na DDE server. Pokud aplikace se serverem nekomunikuje, je tato doba pravděpodobně příliš krátká a je doporučeno ji zvětšit. Závisí samozřejmě také na rychlosti sériového propojení PC s PLC. Při rychlosti 19200 baudů by měla přednastavená hodnota 50 ms stačit.

**Čidlo dojezdu do patra** umožňuje volit vzdálenost, při kterém je sepnut vstup označující, v jakém patře se výtah nachází. Například výtah je v prvním patře a pokud jede nahoru, je sepnuto čidlo oznamující, že výtah je v patře druhém. Podle rychlosti výtahu by měl v určitém okamžiku výtah začít brzdit. Při standardní rychlosti 0.9 m/s má začít brzdit ihned.

**Rychlost výtahu** - pokud by bylo pomalejší připojení a dotaz na PLC musel být položen méně často, tak v kombinaci s čidlem dojezdu do patra nastavuje optimální hodnoty pro řízení výtahu.

**Náhodná čísla init.** – inicializace generátoru náhodných čísel umožňuje nastavit výchozí podmínky pro generování řady náhodných čísel tak, aby byly srovnatelné výchozí podmínky např. při srovnávání simulace a reálného řízení pomocí PLC.

A konečně **společné ovládání** simuluje ovládání obou výtahů pouze ze společného ovládání první šachty. Znázorněno je to tak, že ovládací destičky na druhé šachtě nejsou zobrazeny a v okně vstupů/výstupů se podobně jako při nastavení jednoho výtahu stanou nedostupné vstupy pro druhou šachtu výtahu.

Ve spodní části jsou ovládací prvky pro nastavení adresace virtuálních vstupů a výstupů, pomocí kterých je výtah řízen Tecomatem. Na ty se potom programátor PLC ve svém programu odkazuje. Je doporučeno toto nastavení ponechat a nebo vstupy (X) nastavit tak, aby šli za sebou, protože potom aplikace posílání dat na DDE server optimalizuje tak, že zabírají téměř 1/3 oproti neoptimalizované verzi.

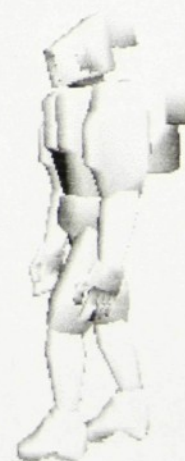
### 3.7 Řízení a zákazníci

Model výtahu je realistický také v tom smyslu, že ho lze řídit naprosto libovolným způsobem. Způsob jakým by měl být řízen je popsán v kapitole Korektní řízení výtahu, nebo ho lze odpozorovat ze simulace.

Výtah jezdí rychlostí nastavenou v okně Nastavení. Pokud mine čidlo pod nebo nad patrem, je nastaven nový vstup říkající v jakém je výtah patře. Před zastavením je výtah zpomalen, potom se otevřou dveře. Dveře šachty se programovat nemusí, otevírají / zavírají se automaticky s dveřmi výtahu. Při odjezdu je výtah naopak zrychlen.

#### Zákazníci

Zákazníci se začnou generovat, stavět do fronty a provádět své požadavky po spuštění v menu Možnosti / Zákazníci nebo po zmáčknutí klávesy 'z' nebo 'Z'. Potom volají výtah a volí tlačítka ve výtahu tak, aby se dostali na požadované místo (kam chtějí jet si pamatují po celou dobu cesty). Když dorazí zákazník do fronty u výtahu, po chvilce (do 1 sekundy) stiskne tlačítko. Pokud výtah zastaví v patře a



otevře dveře, je požadavek splněn a tlačítka (vstupy) se nastaví na vypnuto. Pokud ale nezůstanou dveře dostatečně dlouho otevřeny a výtah přitom zastaven (3 sekundy), zákazník nestihne nastoupit / vystoupit. Když výtah odjede bez něho, po chvíli znovu provede svůj požadavek. Při nastupování / vystupování zákazníka se spustí se po 2 sekundách čidlo překážka (v tu chvíli zákazník míjí dveře) , které zůstane nastaveno po dobu 1 sekundy. V této chvíli se dveře nesmí zavřít jinak zákazník nevystoupí / nastoupí. Je potřeba mít na paměti, že rychlost otevírání dveří je závislá na celkové rychlosti výtahu, takže jestli byla tato rychlost změněna, doba otevírání dveří se úměrně prodlouží.

V případě že jsou dveře otevřeny a zákazníci nastoupili, ale zrovna přijde další zákazník, začne hned nastupovat. Když míjí dveře výtahu, je nastaveno čidlo překážka a výtah by měl počkat další 2 sekundy s otevřenými dveřmi. Při splnění výše uvedených podmínek nastoupí všichni zákazníci ve frontě až do kapacity výtahu, max. počet osob ve výtahu jsou 4. Pokud nastoupí do výtahu 4 osoby, zapne se vstup přetížení na 1 sekundu. To znamená, že zřejmě nastoupila další osoba a zrovna vystoupila, proto by výtah neměl zastavovat na požadavek šachty, protože už nikdo další přistoupit nemůže (viz. kapitola Korektní řízení výtahu).

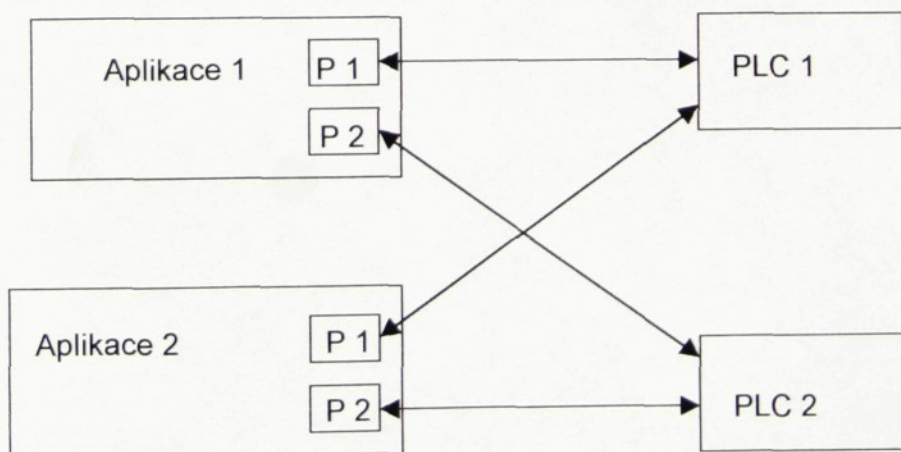
Zákazníci se generují s určitou četností (viz. Okno nastavení), S největší četností (jako v reálu) přicházejí do fronty v přízemí (ze 2/3). Maximální fronta v přízemí je devět zákazníků, v ostatních patrech sedm. Jestliže je fronta plná a přijde do ní další zákazník, odejde jako nespokojený. Tím zvýší počet nespokojených zákazníků. Informace o tomto počtu je v menu Informace / Počet nespokojených zákazníků. Při generování se zároveň nastaví, do kterého patra chce zákazník jet a podle toho mačká tlačítka šachty a výtahu. Po dopravení na požadované místo vystoupí a již se v systému neobjevuje. Při příchodu zákazník stiskne okamžitě tlačítko první šachty a pokud je již stisknuto, stiskne ho na druhé šachtě. Kliknutím myši na zákazníka se objeví zpráva s informací, do jakého patra se chce dostat.

## 4 PLC server

### 4.1 Úvod do problematiky

Druhou částí programu je aplikace PLC server, která je určena k sériové komunikaci PC s PLC Tecomat od firmy Teco. Její uplatnění spočívá v programových produktech vyžadujících data z Tecomatu (např. vizualizační, kontrolní programy apod.). Výhodou je oddělenost od vlastní klientké aplikace, usnadnění a zrychlení jejího vývoje.

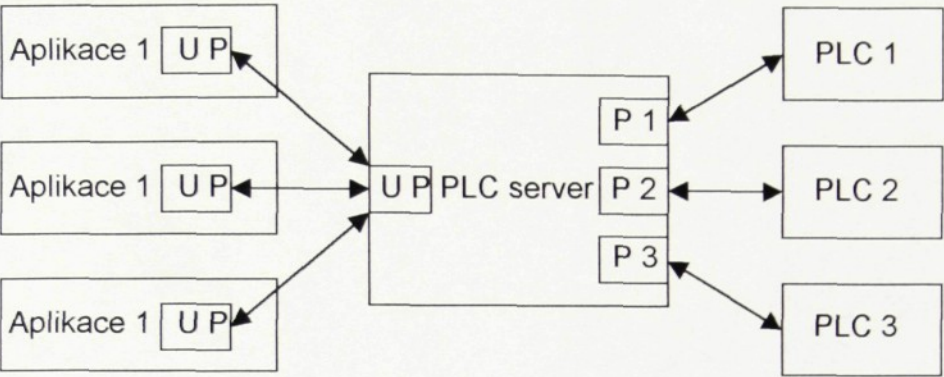
Jedná se o univerzální aplikaci, která využívá jednoduchý PLC protokol, pomocí kterého může PC komunikovat s PLC Tecomat přes sériový port. Tato verze umožňuje komunikovat s výše zmíněným PLC v protokolu EPSNET a je možný její další vývoj ve smyslu rozšíření pro více komunikačních protokolů. Její využití a univerzálnost spočívá v možnosti psát vizualizační či jiné aplikace (klientské) na PC v PLC protokolu, který se může stát určitým standardem, kdy bude možné spouštět jednu virtuální aplikaci na více různých logických automatech, aniž by se musel modifikovat zdrojový kód. Navíc programátor klientské aplikace nemusí ve svém programu implementovat komunikaci s žádným typem PLC.



Obr. 6 – Implementace bez PLC serveru

Implementace bez PLC serveru na obrázku 6:

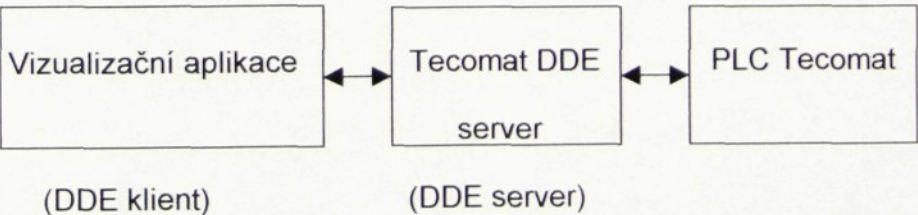
P1, P2 znázorňují implementaci protokolů, která je oproti PLC protokolu poměrně složitá a musí být obsažena v každé aplikaci.



Obr. 7 – Implementace s PLC serverem

Implementace s PLC serverem na obrázku 7 naproti tomu ukazuje, že všechny aplikace používají stejný jednoduchý a univerzální PLC protokol (UP) pro komunikaci s jakýmkoliv podporovaným typem PLC. Tyto aplikace se nazývají klientské (dotazují se serveru).

Pro účely diplomové práce byl zatím položen základ tomuto serveru, zatím je podporován pouze PLC Tecomat od firmy Teco, takže jednodušší schéma propojení vidíme na obrázku 8. Proto se také text dále zmiňuje pouze o Tecomatu.

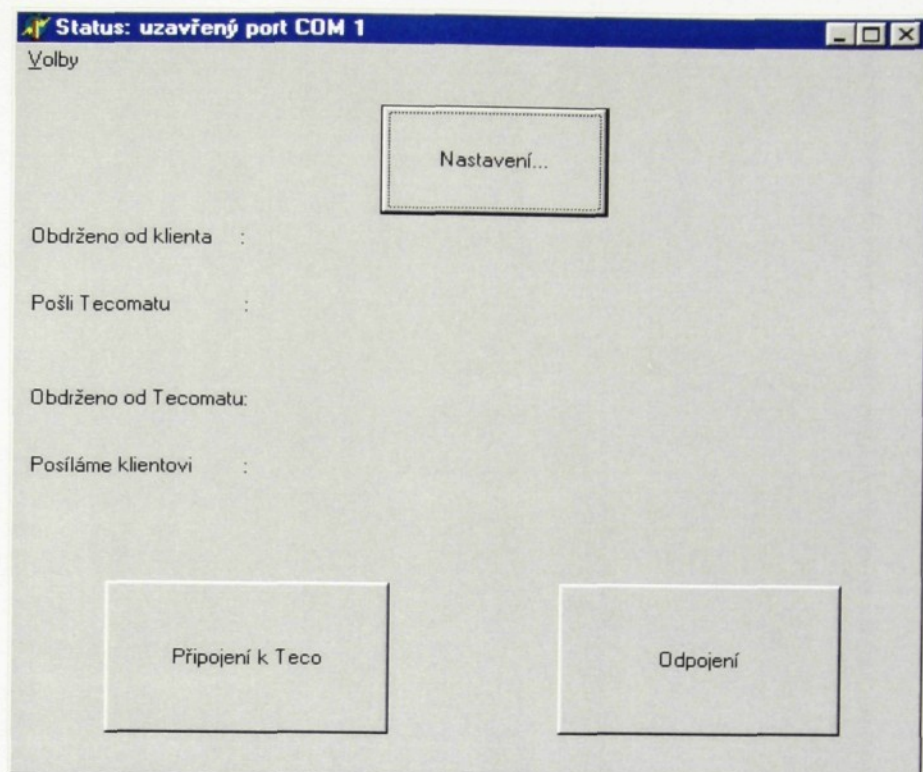


Obr. 8 – Schéma propojení

PLC je přímo připojeno na sériovou linku PC. Aby klientská aplikace mohla komunikovat s PLC serverem, musí dodržet komunikační strukturu PLC protokolu zavedeného mezi klientem a serverem a musí též dodržet zásady pro vytváření DDE klientské aplikace.

## 4.2 Spuštění aplikace

Nejdříve je nutné připojit Tecomat k sériovému portu počítače a spustit jej. Dále je nutné spustit PLC server (soubor *TecoServer.exe*) v prostředí Windows 95 a výše, provést nastavení komunikace (popsáno v následujících kapitolách) a připojit se k PLC kliknutím na tlačítko *Připojení k Teco*. Jak vypadá aplikace po spuštění vidíme na obrázku 9. Na liště okna se objeví nápis *Status: otevřený port COMx* a vzápětí *Status: navázáno spojení s Tecomatem na COM x*. Pokud se následně zobrazí nápis *Status: uzavřený port COM x*, spojení s Tecomatem se nepovedlo. Potom je doporučeno zkontrolovat nastavení komunikace, zejména komunikační kanál, přenosovou rychlost a adresu PLC. Další příčina může být nefunkční propojení PC s Tecomatem.



Obr. 9 – Hlavní okno aplikace PLC serveru

### 4.3 Okno Nastavení komunikace

Okno Nastavení komunikace se objeví po volbě tlačítka *Nastavení* (viz obrázek 10).

#### - Adresa PLC

Virtuální adresa Tecomatu, hodnota 0..126, pokud není PLC zapojen v síti, bývá 0 nebo 1, přednastaveno 0.

#### - Adresa nadřazené stanice

Virtuální adresa PC, hodnota 0..126, přednastaveno 126.

#### - Komunikační kanál

Výběr komunikačního kanálu, kterým je Tecomat připojen k PC, přednastaven sériový port COM 1.

#### - Přenosová rychlost

Nastavení rychlosti přenosu dat přes sériový port. Maximální rychlost přenosu je uvedena v manuálu k Tecomatu nebo lze zkusit se připojit při nastavení maximální rychlosti (57600 baudů). Pokud Tecomat neodpovídá, může být nastavena nižší rychlost a pokus o připojení opakován.

#### - Přidaná pauza na odpověď

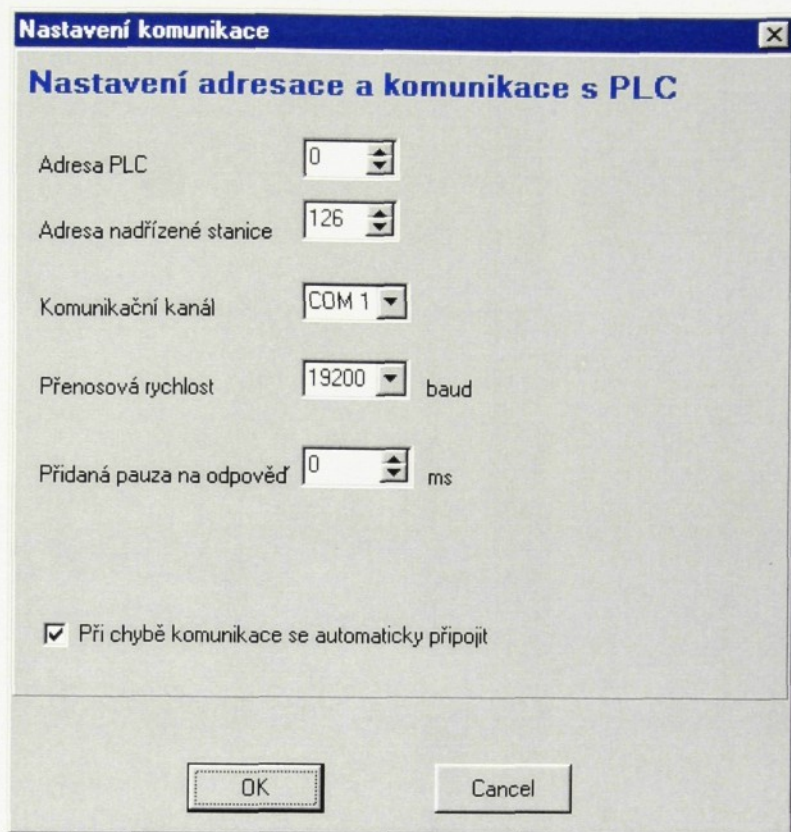
Nastaví přídavnou dobu, po kterou má serverová aplikace čekat, než se po odeslání dat do Tecomatu zeptá na jeho odpověď. Tato doba se při rychlosti 19 200 baud (standardně) pohybuje při zápisu 10 bytů do systému a 10 bytů ze systému okolo 1 .. 100 ms.

Výpočet základní doby se děje automaticky podle množství zapisovaných dat do Tecomatu a nastavení přenosové rychlosti. Tuto základní dobu lze snížit nastavením záporných hodnot v tomto poli (min. -10 sekund).

Pokud však při výměně dat nedochází k aktualizaci, je nutné tuto dobu zvýšit (možno i za běhu aplikace, max. 10 sekund).

#### - Při chybě komunikace automaticky připojit

Pokud nastane jakákoliv chyba při komunikaci s Tecomatem, při dalším požadavku na server se server znovu pokusí připojit k Tecomatu.



Obr. 10 – Okno nastavení komunikace PLC serveru

## 4.4 Zahájení a zrušení komunikace s Tecomatem

Zahájení komunikace se provede po volbě tlačítka *Připojení k Tecomatu*. Pokud je vše správně nastaveno, měl by se zobrazit nápis na liště *>Status: navázáno spojení s Tecomatem na COM x<* a spojení je potom úspěšně navázáno. Odpojení se provede se po zvolení tlačítka *Odpojení*, kde se systém odpojí od Tecomatu a provede uzavření příslušného sériového COM portu. Během připojení nemůže žádná další aplikace tento sériový port používat. Ukončením celé aplikace volbou z menu *Volby \ Konec* nebo prostým zavřením okna se také zruší spojení se sériovým portem. Předtím by ale měli být ukončeny všechny klientské aplikace.

## 4.5 Zobrazení toku dat

V okně aplikace serveru se zobrazují čtená a zapisovaná data z a do Tecomatu zkonvertovaná do protokolu sítě EPSNET (nápis *Pošli do Tecomatu / Obdrženo od Tecomatu* v hexadecimálním formátu) a data příchozí / odchozí od klientské aplikace v PLC protokolu (nápis *Obdrženo od klienta / Posíláme klientovi*).

## 4.6 Komunikace PLC serveru s ostatními aplikacemi

S aplikací PLC server je možno komunikovat standardními procedurami pro rozhraní DDE.

Pro komunikaci s Tecomatem byl zaveden jednoduchý PLC protokol pro přenos informací mezi klientskou aplikací a PLC serverem. Ve této verzi se jedná o 2 operace – zápis a čtení bytových dat do/z registrů Tecomatu, které mohou být ještě dále rozšířeny např. o zapisování jednotlivých bitů apod.

Registry Tecomatu se skládají ze čtyř částí, do každé můžeme zapisovat i z ní číst. Jedná se o:

- |                             |   |               |
|-----------------------------|---|---------------|
| - obraz vstupních registrů  | X | (X0 .. X127)  |
| - obraz výstupních registrů | Y | (Y0 .. Y127)  |
| - systémové registry        | S | (S0 .. S63)   |
| - uživatelské registry      | R | (R0 .. R8191) |

Princip výměny dat PLC serveru s Tecomatem je založen právě na tom, že se data čtou z těchto oblastí a také se do nich zapisují. Tomu, jak modifikovat data v klientské aplikaci se věnuje následující kapitola.

## 4.7 Popis formátu PLC protokolu

Data se přenáší mezi klientem a serverem pomocí v řetězci znaků, který má následující strukturu (na každou položku je vyhrazen 1 řetězec oddělený od dalšího znaky ordinální hodnoty 13,10, jednotlivá data v položkách (podřetězcích) jsou oddělena mezerami):

### Struktura řetězce odesílaného klientem serveru

#### **Význam / hodnota**

- kontrolní;                      = počet řádků, (max. 255 položek)
- rozlišovací                    = 0 .. čtení  
                                         = 1 .. zápis

- počet čtených/zapis. bloků dat z registrů X
- počet čtených/zapis. bloků dat z registrů Y
- počet čtených/zapis. bloků dat z registrů S
- počet čtených/zapis. bloků dat z registrů R
- startovní čtecí/zapis. adresa 1 z registru X
- počet bytů ke čtení/zápisu od adresy 1 z registru X
- pokud zapisujeme následují zapisované byty
- startovní čtecí/zapis. adresa 2 z registru X
- počet bytů ke čtení/zápisu od adresy 2 z registru X
- pokud zapisujeme následují zapisované byty

...atd

startovní čtecí/zapis. adresa 1 z registru Y

počet bytů ke čtení/zápisu od adresy 1 z registru Y

- pokud zapisujeme následují zapisované byty

...atd

- následují registry S a R, zadání stejné jako u X a Y

## Struktura řetězce odesílaného serverem klientovi

Pokud požadovaná operace byla zápis a proběhla korektně, odesílaný řetězec je „OK“.

Pokud požadovaná operace byla čtení a proběhla korektně, odesílaný řetězec je:

### **Význam / hodnota**

- kontrolní;                      = počet řádků (max. 255)
- počet čtených bloků dat z registrů X
- počet čtených bloků dat z registrů Y
- počet čtených bloků dat z registrů S
- počet čtených bloků dat z registrů R
- startovní čtecí adresa 1 z registru X
- počet bytů ke čtení od adresy 1 z registru X
- čtené byty
- ..atd
- následují registry Y, S a R, zadání stejné jako u X

## **4.8 Chybová hlášení**

Pokud operace zápisu dat do PLC serveru neproběhne z jakéhokoliv důvodu korektně, pošle server v řetězci klientovi chybové hlášení. Všechna chybová hlášení začínají řetězcem „Error“ , na dalším řádku pokračují číslem chyby a vysvětlením. Jsou to tyto chyby:

### **E1 - špatně zadaná vstupní data**

Nastane, pokud uživatel zadá data nesprávně (např. vstupní řetězec je kratší než součet čtených registrů + informační byty)

## E2 - špatný CRC vrácený z Tecomatu

Pokud dojde k narušení přenosu mezi PC a Tecomatem a kontrolní součet se neshoduje. K této chybě dochází pouze při čtení.

## E3 - nepovedený zápis dat do Tecomatu

Zápis dat do Tecomatu se nepovedl, nebo došlo k chybě přenosu kladné odpovědi. V každém případě je vhodné zápis opakovat.

## E4 - server nepřipojen k Tecomatu

Server ještě nebyl v čase vyžádání dat nepřipojen k Tecomatu.

Pokud **nenastane** chyba, při zápisu dat pošle server klientovi řetězec „OK“, při čtení dat je poslán příslušný řetězec.

## 4.9 Příklad komunikace

### Klient – server

Pro příklad uvedeme zapsání dat (1..2 a 1..6) do registru Y0,Y1 a

R30 .. R35 v jazyce Borland Delphi (procedura Add přidá příslušný řetězec do pole znaků. Tyto podřetězce jsou navzájem odděleny znaky ordinální hodnoty 13,10).

```
var strList : TStringList;  
strList := TStringList.Create;  
with strList do begin  
  Add('18'); Add('1');  
  Add('0'); Add('1'); Add('0'); Add('1');  
  Add('0'); Add('2'); Add('1'); Add('2');  
  Add('30'); Add('6'); Add('1'); Add('2'); Add('3'); Add('4'); Add('5'); Add('6');  
end;
```

## Čtení dat z registrů X0,X1, X5..X7 a R30..R35

with strList do begin

Add('12'); Add('0');

Add('2'); Add('0'); Add('0'); Add('1');

Add('0'); Add('2'); Add('5'); Add('3');

Add('30'); Add('6');

end;

*poslání dat serveru*

DDEClientConv.PokeDataLines(DDEClientItem1.DDEItem, strList);

strList.Free;

## Upozornění

Při implementaci bylo zjištěno, že komponenty pro DDE komunikaci v Delphi se chovají nekorektně, konkrétně při inicializaci OpenGL server data klientovi neposílá, i když jsou aktualizována. Potom je třeba si je vyžádat (v Delphi) metodou komponenty DDEClientConv1 RequestData(DDEClientItem1.DDEItem), která vrácí Pchar. Tato data je potřeba zkonvertovat do Tstrings;

## Server – klient

Při zápisu dat pošle sever odpověď OK, při čtení příslušný výpis z paměti. Nejprve je vhodné si v proceduře *DdeClientItem1Change* uložit příchozí text do pomocného pole řetězců např. *strList := DdeClientItem.Lines*; Při výpisu z registrů Y0,Y1 a R30..R35 přijde text:

```
StrList[0] = "17      // kontrolní položka, posláno 17 řetězců  
             0      // nevypisujeme žádné registry X  
             1      // výpis reg. Y  
             0      // reg. S  
             1      // reg. R  
             0      // adresa reg. Y od které začínáme vypisovat  
             2      // počet vypsaných registrů
```

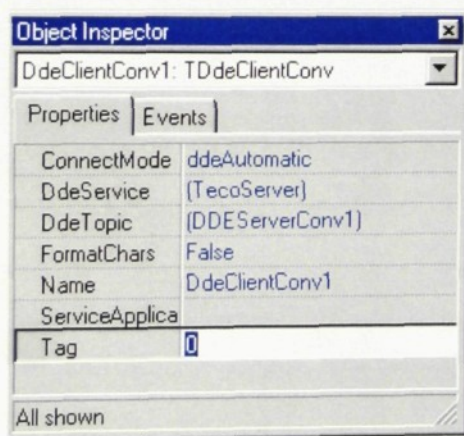
```

1      // získaná data - výpis dat Y0
2      // a Y1
30     // totéž platí pro registry R
6
1      //výpis dat (R30 až R35)
2, 3, 4, 5,
6      //poslední datová položka = R35

```

## 4.10 Základní nastavení klienta

Pro vytvoření klientské části programu byly použity komponenty DDE klienta, které bylo potřeba nastavit následujícím způsobem - nejprve ale musel být zkopírován soubor *TecoServer.exe* do aktuálního adresáře s vytvářeným klientským programem. Na plochu formuláře se položí komponenty *DdeClientItem* a *DDEClientConv* a jejich vlastnosti se vyplní podle obrázku 11.



Obr. 11 – Základní nastavení klienta

Connect mode: ddeAutomatic - automatické spojení se serverem  
DDEService: TecoSever - jméno spouštěcího souboru Tecomat  
DDE serveru bez přípony

DDETopic : DDEServerConv1 - komponenta přijímající data v této aplikaci.

Na událost *DdeClientConv1Open* provedeme příkaz *DdeClientItem1.DdelItem:='DdeServerItem1';*

Potom v události *DdeClientItem1Change*, která se vyvolá pokaždé, když server pošle data si tato data zpracujeme podle libosti. Na událost okna *OnClose* spustíme metodu *DDEClientConv1.CloseLink*; Před ukončením serverové aplikace by zase měli být ukončeny všechny klientské aplikace.

## 4.11 Pomocné dekodující procedury

Dále byly napsány následující dvě procedury, z nichž první vyjme podřetězec z řetězce znaků (příklad 1) a druhá dekoduje data z PLC protokolu (příklad 2).

### Příklad 1

*Tato procedura vyjme slovo ze stringu, kde jsou slova oddělena 1 nebo více mezerami, pokud jsou od fromPoz mezery, najde začátek slova, v lastPoz vrátí pozici první mezery za slovem. Pokud našla konec slova, vrátí řetězec 'EOS'.*

```
function GetWord(s : string; fromPoz : integer; lastPoz : Pinteger) : string;
var i : integer;
    poms : string;
begin
    poms := "";
    if (fromPoz < 1) or (fromPoz > length(s)) then begin result := ""; exit; end;
    for i := fromPoz to length(s) do begin
        if (s[i] = ' ') and not(poms="") then begin lastPoz^ := i; break; end;
        poms := poms+s[i];
    end;
    if i = length(s) then result := 'EOS' else
        result := poms;
end;
```

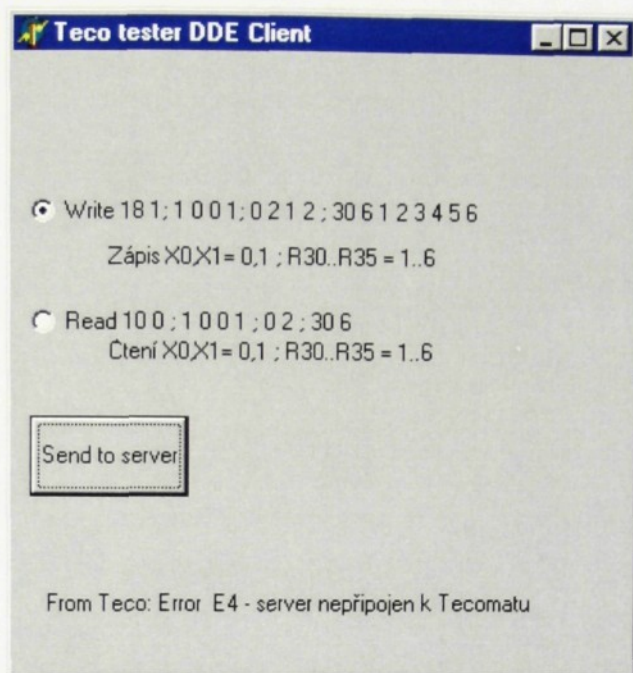
## Příklad 2

*Další procedura řeší případ příchozích dat – jejich dekódování*

```
procedure TForm1.DdeClientItem1Change(Sender: TObject);
var i : integer;
    s : string;
    lastPoz : integer;
begin
    if DdeClientItem1.Lines.Count > 0 then begin
        strList := DdeClientItem1.Lines;    //strList je již dříve vytvořený TStringList ( viz výše )
        label1.Caption := 'Od Tecomatu: ';    //nápis znázorňující data z Tecomatu
        s := GetWord(strList[0],1,@lastPoz);
        if s = 'Error' then                    //přišla chyba ?
            label1.Caption := label1.Caption+strList[0] //vypíšeme ji rovnou
        else if s = 'OK' then
            label1.Caption := label1.Caption+'OK'    //zapsání dat proběhlo v pořádku
        else begin                             //nebo přišel výpis datových registrů
            lastPoz := 1;                        //začneme číst znovu od začátku
            for i := 0 to strList.Count-1 do      //pokud je dat hodně, mohla by být
                                                    //v dalších řetězcích
                while s <> 'EOS' do begin          //dokud nenarazíme na konec řetězce,
                    s := GetWord(strList[i],lastPoz,@lastPoz); //čteme data
                    if s <> 'EOS' then
                        label1.Caption := label1.Caption+' '+s; //v tomto nápisu se zobrazí čísla
                    end; //oddělená mezerou
                end;
            end;
        end;
    end;
end;
```

## 4.12 Pomocné testovací programy

K Tecomat DDE serveru je ještě přidán soubor DDEClient, pomocí kterého je možné testovat spojení Tecomat - server – klient : posíláme napevno daná data zápis 18 1 1 0 0 1 0 2 1 2 30 6 1 2 3 4 5 6, nebo čtení 10 0 1 0 0 1 0 2 30 6



Obr. 12 – Testovací klientská aplikace

Dále je k dispozici soubor TryTeco.950 obsahující malý program, kde jsou již předdefinovány výchozí adresy vstupů a výstupů pro aplikaci virtuálního výtahu.

## 5 Závěr

V rámci diplomové práce byly vytvořeny dvě finální aplikace. První je virtuální model vícepatrové budovy obsluhované jedním nebo dvěma výtahy říditelné programovatelným logickým automatem Tecomat, přičemž řízení je vedeno formou komunikace za pomoci druhé aplikace - PLC serveru. Tato serverová aplikace sice nebyla v zadání diplomové práce, nicméně se ukázalo jako velmi vhodné tuto aplikaci vytvořit. K jejím kladům patří univerzálnost a jednoduchost.

Celá scéna virtuálního modelu je volně sledovatelná ve 3D prostoru, jednotlivé parametry simulace a komunikace jsou volně nastavitelné, lze interaktivně ovlivňovat celý proces řízení. K dispozici je režim demonstračního řízení, kdy program sám řídí na základě vstupů model výtahu bez nutnosti PLC řízení.

Dalším prvkem jsou zákazníci zobrazení jako 3D modely, kteří simulují chování skutečných zákazníků – tisknou tlačítka výtahu, stavějí se do fronty, nastupují a vystupují.

Celý projekt byl vytvořený pro Fakultu mechatroniky a mezipředmětových inženýrských studií a již slouží k výuce studentů ve specializovaných předmětech věnujících se logickému řízení.

V aplikaci virtuálního výtahu by se dalo pokračovat například v animaci zákazníků, v PLC serveru je možnost pokračování práce na rozšíření podpory komunikačních protokolů. Proto je také součástí diplomové práce zdrojový kód programu na přiložené disketě nebo na webové stránce autora.

# Literatura

- [1] Manuál k síti EPSNET, Teco Kolín, 1999
- [2] WOO, M. et. al.: OpenGL Programming Guide, Third Edition. Addison-Wesley, Reading, Messachusetts, 1999
- [3] ŽÁRA , J. - BENEŠ, B. - FELKEL, P.: Moderní počítačová grafika. Computer Press, Praha, 1998