

# Monitorovanie procesu vrtania s využitím internetu

Pavel Horovčák  
Dušan Baluch  
Igor Leško

Článok sa zaoberá návrhom systému vzdialeného monitorovania procesu vrtania s využitím internetových technológií. Charakterizuje experimentálny vrtný stand a základné monitorované veličiny v procese vrtania. V ďalšej časti je venovaná pozornosť návrhu princípu aplikácie webového monitorovania, doplnený je stručný opis komunikácie medzi serverovou (vyvinutou v Delphi) a klientskou (realizovanou vo forme appletu) časťou aplikácie. Prenos dát sa zabezpečuje na báze soкетов.

## Úvod

Úloha monitorovania a optimalizácie procesu rotačného vrtania je na našom pracovisku riešená v rámci spolupráce so Slovenskou akadémiou vied. V tejto oblasti boli dosiahnuté aj publikované už viaceré čiastkové výsledky [1] až [8]. S nástupom internetu a prenikaním internetových technológií do všetkých oblastí sa otvára priestor pre ich aplikáciu aj v nových netradičných oblastiach. Jednou z takých oblastí je proces rozpojovania hornín rotačným vrtaním. Je to zložitý proces a jeho opis vychádza z množstva experimentov a hypotéz. Medzi hlavné kritériá hodnotenia procesu vrtania patrí maximálna životnosť nástroja, maximálna rýchlosť vrtania a celkové minimálne náklady vrátane mernej energie rozpojovania. Hodnotenie týchto kritérií je možné vykonávať pomocou monitorovacieho systému pracujúceho v reálnom čase. Monitorovanie procesu vrtania s využitím technológií internetu možno pokladať za pokračovanie a aj rozšírenie možnosti klasického monitorovacieho systému, ktorý musí byť umiestnený priamo alebo veľmi blízko monitorovaného procesu vrtania. Konceptia, východiská a požiadavky monitorovacieho a riadiaceho systému sú rozpracované v [6], základné princípy a prehľad metód monitorovania s využitím webových technológií bol publikovaný v práci [2].

## 1. Proces vrtania

Proces vrtania je realizovaný na experimentálnom zariadení ÚGT SAV s názvom rotačný vrtný stand, ktorý slúži na štúdium procesu rozpojovania hornín vrtnými nástrojmi používanými v praxi do priemeru 80 mm. Pokusy na vrtnom stande sa vykonávajú so vzorkami hornín tvaru hranola s rozmermi 100 x 100 x 300 mm alebo tvaru valca s priemerom do 120 mm a dĺžkou 300 mm.

Najdôležitejšou časťou vrtného standu z predmetného hľadiska je meracia časť, ktorá transformuje mechanické veličiny procesu vrtania na úmerné elektrické signály a zaznamenáva ich zmeny v závislosti od času. Otáčky sú nastaviteľné reguláciou elektrického pohonu v rozsahu 0 – 37 ot./s<sup>1</sup>. Napájanie snímacích elementov, ako aj celej meracej a istiacej časti zariadenia, sa uskutočňuje vlastným zdrojom jednosmerného napätia.

Prítlak vrtného nástroja na horninu je snímaný dynamometrom, ktorý je umiestnený v hydraulickom valci.

## 2. Monitorovanie a riadenie procesu vrtania

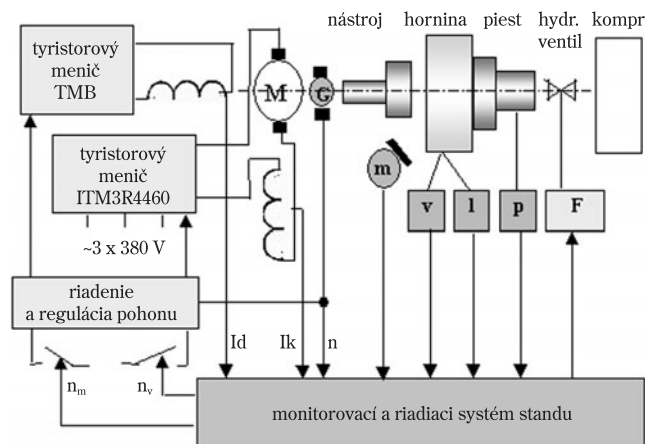
V laboratórnych podmienkach nie je možné definitívne stanoviť optimálne parametre procesu vrtania. Podmienky vrtania sa dynamicky menia a pravdepodobnosť ich opakovania je nízka. Vhodným riešením je monitorovanie a riadenie procesu vrtania v reálnom čase s priamym napojením systému na vrtnú súpravu, v našom prípade na stand. Riadiaci systém získava aktuálne informácie o podmienkach vrtania, pričom na základe špeciálnych

algoritmov koriguje niektoré z týchto vybraných parametrov. Snímanie stavu standu, zobrazovanie tohto stavu a prípadne archiváciu dát zabezpečuje monitorovací podsystem [5]. Stabilizáciu prevádzkových parametrov na požadovanej hodnote rieši stabilizačný podsystem, ktorý je založený na číslicovej regulácii. Na hornej úrovni systému je koncipovaný podsystem optimalizácie, ktorého úlohou je na základe aktuálneho stavu určovať pre stabilizačnú úroveň optimálne hodnoty žiadaných prevádzkových parametrov standu. Poznatky publikované v literatúre potvrdzujú, že optimalizačná úroveň si vyžaduje adaptívne algoritmy [4].

Z hľadiska procesu vrtania sú najdôležitejšími technologickými veličinami prítlak  $F$  [N], otáčky vrtania  $n$  [ot./s], rýchlosť vrtania  $v$  [m/s], dĺžka odvrtnú  $l$  [m] a objemová hustota energie rozpojovania  $w$  [Jm<sup>3</sup>].

Meranie rýchlosti vrtania, resp. dĺžky odvrtnú, je riešené pomocou magnetostrikčného snímača polohy (dĺžky) BTL2-P/S50. Tento snímač po inicializácii impulzom vracia dva impulzy za sebou s časovým posunom medzi nimi, ktorý je úmerný snímanej polohe. Na zmeranie tohto časového posunu je využitý programovateľný obvod PCT 8254 radu INTEL vo funkcii počítadla. Na jeho hradlovací vstup GATE sa privedie impulz so šírkou, ktorá sa rovná časovému odstupe vytvorenému klopným obvodom typu D. Počítadlo je napájané vnútornými hodinami 2,6 MHz. Týmto spôsobom bola dosiahnutá presnosť snímania polohy približne  $\pm 0,2$  mm. Šírka inicializačného impulzu je 1 ms, úroveň TTL. Rozdiel medzi počítačovým a konečným stavom počítadla je mierou dĺžky odvrtnú.

Pre účely exaktnejšieho vyhodnocovania práce standu boli doplnené zariadenia na meranie pracovných charakteristík hnacieho agregátu, pretože tie sú citlivé na reálnu záťaž vrtného nástroja pri rozpojovaní horniny. Išlo o snímanie prúdu a napätia kotvy, prúdu v budiacom vinutí a celkového elektrického príkonu. Zároveň je stand doplnený o možnosť bezkontaktného akustického vyhodno-



Obr.1 Schéma merania a riadenia režimu vrtania na stande

covania procesu vrtania. Táto akustická metóda je založená na číslícom spracovaní signálu z mikrofónu, ktorý slúži na experimentálnu identifikáciu stavu procesu vrtania.

Monitorovací podsystem je vyvinutý na báze štandardného IBM PC, doplneného o prídavnú vstupno-výstupnú kartu PCL 818L americkej firmy Advantech Co. Karta obsahuje 16 x DI, 16 x DO, 16 x AI (12 bit), 2 x AO (12 bit). Všetky digitálne signály sú úrovne TTL.

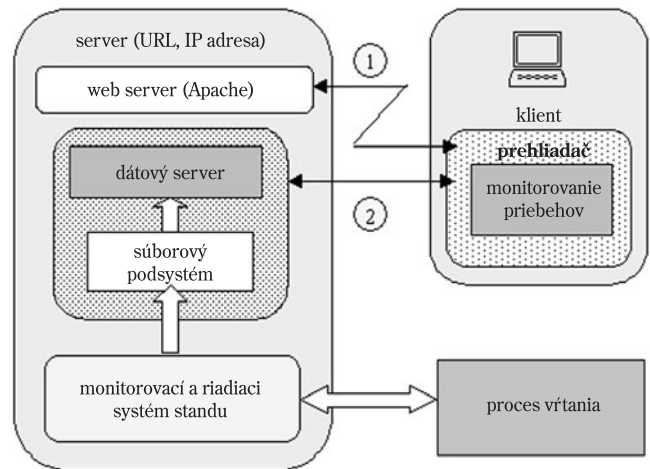
Špecifický prístup v riešení si vyžadovalo spracovanie akustického signálu mikrofónu, ktorý sa vyhodnocuje aj vo frekvenčnej oblasti. Ide najmä o zabezpečenie dostatočne vysokej a stabilnej frekvencie vzorkovania, čo je predpokladom pre získanie jednotlivých zložiek jeho frekvenčného spektra. Tento proces vzorkovania musí byť zabezpečený súčasne s riadne fungujúcim monitorovaním ostatných veličín a riadením procesu ako celku. To všetko na jednom počítači. Z týchto dôvodov bola na účel vzorkovania akustického signálu použitá metóda direct memory access (DMA) s využitím špeciálneho integrovaného obvodu Intel DMA 8237 [6]. Schéma monitorovacieho a riadiaceho systému je na obr. 1.

### 3. Princípy monitorovania s využitím internetu

Základom komunikácie na internete je protokol http (hypertext transfer protocol), ktorý sa používa pri komunikácii medzi prehliadačmi a webovými servermi. Pomocou uvedeného protokolu sa k webovému serveru prenáša požiadavka používateľa, t. j. url stránky, ktorú používateľ (cez svoj prehliadač – browser) požaduje. Ako odpoveď posielajú webový server naspäť používateľovi požadovanú stránku, ktorá je zapísaná v html a následne je na strane používateľa prehliadačom interpretovaná. Klient je reprezentovaný prehliadačom (najčastejšie MS Internet Explorer, Netscape, Opera) a zasiela serveru požiadavku. Server (administrátor webových aplikácií, reprezentovaný napr. programami Apache, Personal Web Server a pod.), ako reakciu na túto požiadavku zasiela odpoveď. Presný formát požiadavky a odpovede je definovaný v špecifikácii protokolu http, ktorý dnes existuje už v troch verziách 0.9, 1.0 a 1.1.

Pri monitorovaní procesu vrtania je potrebné zobraziť dynamický priebeh procesu na strane klienta. Prenášané sú pritom iba jednotlivé namerané hodnoty charakterizujúce činnosť agregátu, čo podstatne zrýchľuje prenos. Na realizáciu monitorovania sú potrebné nasledujúce čiastkové kroky:

- Prvý krok – vytvorenie aplikácie na strane klienta, ktorá v pravidelných stanovených časových intervaloch dostáva hodnoty priebehu jednotlivých sledovaných veličín agregátu a na ich základe zabezpečuje vykreslenie monitorovaných priebehov. Stanovenie časového intervalu je najvhodnejšie na strane servera, ale je možné aj jeho stanovenie na strane klienta. Na obr. 2 je táto aplikácia nazvaná „monitorovanie priebehov“.
- Druhý krok – vytvorenie vlastného komunikačného kanála, t. j. spojenia medzi klientom a serverom vo forme soketovej komunikácie (na obr. 2 označené symbolom 2). Klasická komunikácia klient – server sa využíva (na obr. 2 označené symbolom 1) iba na inicializáciu procesu, v rámci ktorého sa príslušná monitorovacia aplikácia nahrá do klienta a vytvorí sa soketová komunikácia medzi serverovou časťou aplikácie (monitorovania, prípadne riadenia) a klientskou časťou (tiež aplikáciou monitorovania).
- Tretí krok – zostavenie aplikácie, ktorá vykonáva funkciu dátového servera pre internet, a teda pre pripojených klientov. Je vhodné, aby bola realizovaná na tom istom počítači, na ktorom pracuje aj samotný webový server. Serverová aplikácia je doplnená komunikačnými prvkami (soketmi) tak, že sa stáva „serverom“ pre klientov v sieti. V časových intervaloch daných periódou vzorkovania potom prebieha prenos aktuálnych údajov medzi serverom a aplikáciou na strane klienta. Aplikácia v rámci statickej časti obrázku monitorovaného procesu zabezpečuje



Obr.2 Komunikácia medzi klientom a serverom pri monitorovaní vrtania

vykresľovanie priebehu procesu vrtania, čím sa vytvára zobrazenie reálneho priebehu na strane klienta, resp. presnejšie na strane ľubovoľného počtu klientov pripojených cez server na monitorovaný stand. Dátový server získava monitorované údaje zo súborového systému, do ktorého sú zapisované monitorovacím a riadiacím systémom. Konfiguráciu dátového servera, to znamená pridávanie alebo odoberanie jednotlivých monitorovaných veličín, je možné vykonávať dynamicky v dialógovom režime na strane servera.

- Štvrtý krok – zapisovanie monitorovaných údajov do súborového systému realizuje aplikácia monitorovacieho a riadiaceho systému standu. Predpokladom je jej umiestnenie na tom istom počítači ako je dátový a webový server. Je zjavné, že to musí byť počítač pripojený na sieť s definovaným url, resp. IP adresou. Forma súborového systému je navrhnutá tak, aby zabezpečovala bezproblémovú komunikáciu monitorovacieho a riadiaceho systému s dátovým serverom na jednej strane, a na druhej strane aby umožňovala prenos žiadaných hodnôt procesu vrtania z klienta cez dátový a súborový server až do monitorovacieho a riadiaceho systému.

Uvedené väzby a kroky sú znázornené na obr. 2 pre jedného klienta. Monitorovanie označuje klientsku časť aplikácie, dátový server zasa serverovú časť aplikácie. Číselnými hodnotami sú na obr. 2 označené: 1 – požiadavka klienta na stránku a následná odpoveď servera (zaslanie stránky a appletu s aplikáciou monitorovania), 2 – komunikácia medzi serverovou aplikáciou a aplikáciou monitorovania cez port.

Realizácia jednotlivých častí systému monitorovania procesu vrtania je nasledovná. Klientska časť – aplikácia – je realizovaná v jazyku Java vo forme dvoch navzájom komunikujúcich tried. Prvá má na starosti vykreslenie statickej časti (osi a ich ciachovanie) monitorovaného priebehu. Druhá časť zabezpečuje dynamické vykresľovanie jednotlivých monitorovaných hodnôt v čase. Serverová časť – dátový server – je zostavená v jazyku Pascal vo vývojovom prostredí Delphi. Táto časť zabezpečuje vstup monitorovaných údajov v zmysle konfigurácie dátového servera zo súborového systému a ich vysielanie ku všetkým pripojeným klientom formou soketovej komunikácie. Monitorovací a riadiaci systém je zostavený v jazyku Turbo Pascal [6]. Tento systém zabezpečuje riadenie procesu vrtania v zmysle žiadaných hodnôt a snímanie monitorovaných veličín a ich zápis do súborového systému.

Zvolená koncepcia komunikácie medzi monitorovacím a riadiacím systémom a internetovým monitorovaním prostredníctvom súborového systému vychádza zo skutočnosti, že proces vrtania vzorky horniny je pomerne krátky (trvá 30 až 60 sekúnd) a počet nameraných hodnôt sa pohybuje od 1 000 až po niekoľko tisíc údajov. Vhodným „spomalením“ procesu pri internetovom monitorovaní

je možné podrobne prezerat, analyzovat, studovat, identifikovat a skumat jednotlivé priebehy, a tiež ich vzájomné súvislosti. Všetky tieto postupy nie je možné vykonavat v reálnom čase nielen pre krátkosť samotného procesu vrtania, ale najmä pre jeho technologickú aj finančnú náročnosť.

#### 4. Využitie monitorovania procesu vrtania

Vzdialené monitorovanie procesu vrtania s využitím internetu umožní sledovanie priebehu charakteristických veličín paralelne na viacerých ľubovoľne vzdialených pracoviskách. Predpokladom je pripojenie meracieho počítača s webovým serverom na internet, čo dnes je možné viacerými spôsobmi, dokonca aj v teréne. Jedinou požiadavkou pre používateľa, resp. klienta, je počítač s ľubovoľným prehliadačom a pripojenie na internet. V súčasnosti sú tieto požiadavky splnené takmer na všetkých pracoviskách.

Využitie internetového monitorovania procesu vrtania predpokladáme v troch smeroch. Prvým je vykresľovanie priebehu monitorovaných veličín vo forme grafu v reálnom čase, to znamená počas samotného procesu vrtania. Nezávislou premennou je čas, závislou premennou je jedna alebo viacero (max. 6) monitorovaných veličín. Pre realizáciu monitorovania je potrebné upraviť aplikáciu zberu meraných údajov. Pre spoluprácu so systémom monitorovania a riadenia standu treba stanoviť monitorované veličiny a periódu vzorkovania. Parametre vykresľovania monitorovaných priebehov – rozsahy zobrazovania závislých a nezávislých premenných sú automaticky určované na základe minimálnych a maximálnych hodnôt v jednotlivých súboroch. Charakteristickou veličinou procesu vrtania je objemová hustota energie rozpojovania, preto je vhodné monitorovať jej priebeh. Ďalej to môže byť napríklad počet otáčok. Pri zobrazovaní sa po dosiahnutí konca grafu priebeh začne kresliť od začiatku. Starý priebeh sa pritom v krátkom predstihu maže. Celkový čas monitorovania je indikovaný v ľavej časti grafu. Priebeh nezávislej premennej je rovnaký pre všetky monitorované veličiny.

Druhým smerom využitia internetového monitorovania v reálnom čase je zostavenie klientskej aplikácie pre vhodnú vizualizáciu priebehu procesu vrtania. Monitorovanou veličinou môže byť rýchlosť vrtania a dĺžka odvrtnú. Zostavenie aplikácie klasickým spôsobom (v prostredí Windows) je záležitosť relatívne jednoduchá. Je potrebné zostaviť grafickú schému monitorovaného procesu a v závislosti od aktuálnej hodnoty monitorovanej veličiny meniť rozmer alebo farbu niektorého grafického objektu. Realizácia takejto aplikácie vo forme appletu však predstavuje pomerne komplikovanú činnosť, ktorá je vysoko profesionálna a náročná.

Tretím smerom využitia internetového monitorovania je štúdium nameraných priebehov off-line. Tu predpokladáme najväčšie využitie nielen vo vedecko-výskumnej, ale predovšetkým v pedagogickej oblasti. Spomeňme oblasť spracovania signálov, identifikáciu procesov, určovanie parametrov, ich regulácie a riadenia, riešenie problémov optimalizácie, úlohy vizualizácie a podobne.

#### Záver

Príspevok opisuje postup a realizáciu monitorovania procesu vrtania s využitím internetových technológií. Základným predpokladom činnosti je funkčnosť monitorovacieho a riadiaceho systému experimentálneho standu, ktorý v súčasnosti má už vysokú spoľahlivosť. Funkčnosť internetového monitorovania je už tiež overená v prípade laboratórnych objektov našej katedry [3]. Aplikácia internetového monitorovania na tento reálny proces vrtania predstavuje ďalšie možnosti vzdialeného sledovania, a tým aj operatívneho riadenia procesu. Na druhej strane prináša rad nových úloh a otázok na riešenie. Patrí k nim aj problém vhodného prepojenia aplikácie zberu a existujúceho monitorovacieho a riadiaceho systému, určenie prijateľnej hodnoty periódy vzorkovania dátového servera a v neposlednom rade riešenie úlohy vizualizácie procesu.

#### Literatúra

- [1] FUTÓ, J. 1997: Analysis of the Acoustic Fields and Yours Effect for Direct Control of Object. In: Control of Process of Raw Material's Reclaiming and Treatment. The 9th International Mining Conference. F BERG Košice, september 1997, pp. 49 – 52. ISBN 80-88896-08-8
- [2] HOROVČÁK, P. 2000: The Possibilities of Internet Utilization for Process Monitoring. Zborník prednášok z medzinárodnej konferencie Systémová integrácia 2000. MASM Žilina 2000, str. 135 – 142. ISBN 80-85348-47-0
- [3] HOROVČÁK, P., BALUCH, D., 2001: Stanovenie parametrov prenosu dát pri www monitorovaní. Envira 1/2001. Zborník vedeckých prác environmentalistiky a riadenia procesov, str. 46 – 53. ISBN 80-7099-778-8, EAN: 9788070997789
- [4] PETRÁŠ, I., DORČÁK, L., KOŠTIAL, I., 1998: Control Quality Enhancement by Fractional Order Controllers. Acta Montanistica Slovaca, 2/1998, str. 143 – 148.
- [5] KOSTÚR, K., FUTÓ, J., 2001: Monitoring and Optimisation of the Rock Disintegration on the Experimental Drilling Stand. Proceedings of International Carpathian Control Conference 2001. Krynica, Poland 2001, pp. 171 – 176. ISBN 89-91340-07-4
- [6] LEŠŠO, I., BALUCH, D., HOROVČÁK, P., FUTÓ, J., BUDIŠ, J., 1997: Monitoring System of Drilling Stand for Control. In Control of Process of Raw Material's Reclaiming and Treatment. The 9th International Mining Conference. F BERG Košice, september 1997, pp. 91 – 96. ISBN 80-88896-08-8
- [7] LEŠŠO, I., FUTÓ, J., 2001: Optimization Methods of Disintegration of Rock by Rotary Drilling. Proceedings of International Carpathian Control Conference. TU Košice 2000, pp. 455 – 458. ISBN 80-7099-510-6
- [8] LEŠŠO, I., FUTÓ, J., KREPELKA, J., 2002: Optimization Methods of Disintegration of Rock by Rotary Drilling. In: Metalurgija 41 (2002) 3, Zagreb, pp. 129 – 268. Proceedings of 5th Symposium of Croatian Metallurgical Society, Šibenik Croatia 2002. (Abstracts of lectures). ISSN 0543-5846
- [9] TERPÁK, J., DORČÁK, L., KOŠTIAL, I.: Modeling, Monitoring and Control of the Agglomeration Process, Transactions of the Technical University of Kosice, Vol.5, No.1, 1997, ISSN 0960 6076 p. 37-42
- [10] KREŠÁK, J., KROPUCH, S., PETERKA, P., 1999: Stend pre prierazové skúšky pásav. Acta montanistica Slovaca roč. 4, 1/1999. str. 39-44, Košice

*Príspevok bol riešený v rámci projektu KEGA No. 3/108903, VEGA No. 1/0362/03 a VEGA No. 1/0374/03.*

**Ing. Pavel Horovčák, CSc.**  
**Ing. Dušan Baluch**  
**doc. Ing. Igor Leššo, CSc.**

**Katedra informatizácie a riadenia procesov**  
**Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií**  
**Technická univerzita v Košiciach**  
**Boženy Němcovej 3, 040 00 Košice**  
**e-mail: Pavel.Horovcak@tuke.sk**  
**dusan.baluch@tuke.sk**  
**igor.Lesso@tuke.sk**

70

