

PA152

Implementace databázových systémů

Pavel Rychlý

21. října 2005

Obsah

1 Vyhledávání

2 Konvenční indexy

3 B-stromy

Vyhledávání

Vyhledávání je základní operace v DBS.

- máme hodnotu položky (klíče)
- chceme záznam obsahující danou hodnotu

Vyhledávání

Vyhledávání je základní operace v DBS.

- máme hodnotu položky (klíče)
- chceme záznam obsahující danou hodnotu

Vyhledávání

Vyhledávání je základní operace v DBS.

- máme hodnotu položky (klíče)
- chceme záznam obsahující danou hodnotu

Postupy

- sekvenční prohledání

Vyhledávání

Vyhledávání je základní operace v DBS.

- máme hodnotu položky (klíče)
- chceme záznam obsahující danou hodnotu

Postupy

- sekvenční prohledání
- konvenční indexy

Vyhledávání

Vyhledávání je základní operace v DBS.

- máme hodnotu položky (klíče)
- chceme záznam obsahující danou hodnotu

Postupy

- sekvenční prohledání
- konvenční indexy
- B-stromy

Vyhledávání

Vyhledávání je základní operace v DBS.

- máme hodnotu položky (klíče)
- chceme záznam obsahující danou hodnotu

Postupy

- sekvenční prohledání
- konvenční indexy
- B-stromy
- hašování

Vyhledávání

Vyhledávání je základní operace v DBS.

- máme hodnotu položky (klíče)
- chceme záznam obsahující danou hodnotu

Postupy

- sekvenční prohledání
- konvenční indexy
- B-stromy
- hašování

Vyhledávání

Vyhledávání je základní operace v DBS.

- máme hodnotu položky (klíče)
- chceme záznam obsahující danou hodnotu

Postupy

- sekvenční prohledání
- konvenční indexy
- B-stromy
- hašování

Sekvenční prohledání

- sequential scan
- projdeme celý soubor (všechny záznamy)
- lineární složitost

Sekvenční prohledání

- sequential scan
- projdeme celý soubor (všechny záznamy)
- lineární složitost

Sekvenční prohledání

- sequential scan
- projdeme celý soubor (všechny záznamy)
- lineární složitost

Konvenční indexy

- conventional indexes
- k hlavnímu souboru se záznamy připojen další soubor (index) pro vyhledávání
- index

Konvenční indexy

- conventional indexes
- k hlavnímu souboru se záznamy připojen další soubor (index) pro vyhledávání
- index
 - menší než hlavní soubor

Konvenční indexy

- conventional indexes
- k hlavnímu souboru se záznamy připojen další soubor (index) pro vyhledávání
- index
 - menší než hlavní soubor
 - hodnota klíče a ukazatel

Konvenční indexy

- conventional indexes
- k hlavnímu souboru se záznamy připojen další soubor (index) pro vyhledávání
- index
 - menší než hlavní soubor
 - hodnota klíče a ukazatel
 - nemusí pokrývat všechny hodnoty

Konvenční indexy

- conventional indexes
- k hlavnímu souboru se záznamy připojen další soubor (index) pro vyhledávání
- index
 - menší než hlavní soubor
 - hodnota klíče a ukazatel
 - nemusí pokrývat všechny hodnoty

Konvenční indexy

- conventional indexes
- k hlavnímu souboru se záznamy připojen další soubor (index) pro vyhledávání
- index
 - menší než hlavní soubor
 - hodnota klíče a ukazatel
 - nemusí pokrývat všechny hodnoty

Konvenční indexy

2 typy konvenčních indexů

hustý (dense)

- ukazatel pro každý záznam

řidký (sparse)

Konvenční indexy

2 typy konvenčních indexů

hustý (dense)

- ukazatel pro každý záznam

řídký (sparse)

- ukazatel jen pro vybrané záznamy

Konvenční indexy

2 typy konvenčních indexů

hustý (dense)

- ukazatel pro každý záznam

řídký (sparse)

- ukazatel jen pro vybrané záznamy
- první záznam v bloku

Konvenční indexy

2 typy konvenčních indexů

hustý (dense)

- ukazatel pro každý záznam

řídký (sparse)

- ukazatel jen pro vybrané záznamy
- první záznam v bloku
- hlavní soubor musí být sekvenční

Konvenční indexy

2 typy konvenčních indexů

hustý (dense)

- ukazatel pro každý záznam

řídký (sparse)

- ukazatel jen pro vybrané záznamy
- první záznam v bloku
- hlavní soubor musí být sekvenční

Konvenční indexy

2 typy konvenčních indexů

hustý (dense)

- ukazatel pro každý záznam

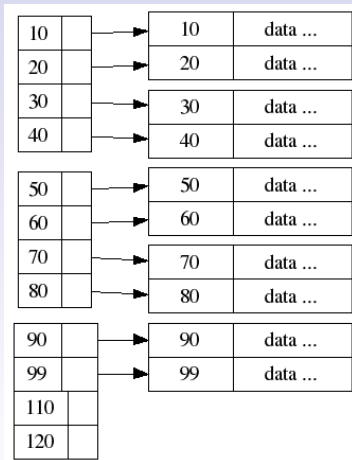
řídký (sparse)

- ukazatel jen pro vybrané záznamy
- první záznam v bloku
- hlavní soubor musí být sekvenční

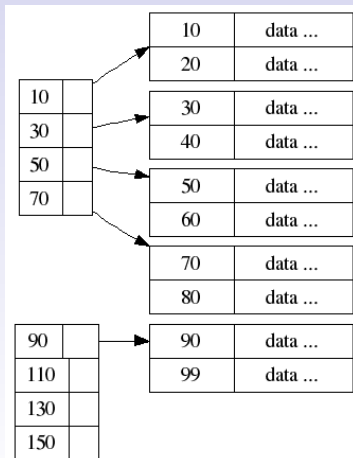
Sekvenční soubor

10	data ...
20	data ...
30	data ...
40	data ...
50	data ...
60	data ...
70	data ...
80	data ...
90	data ...
99	data ...

Hustý index



Řídký index



Index druhé úrovně

- index první úrovně obsahuje záznamy
- index pro index
- pouze pro řídké indexy

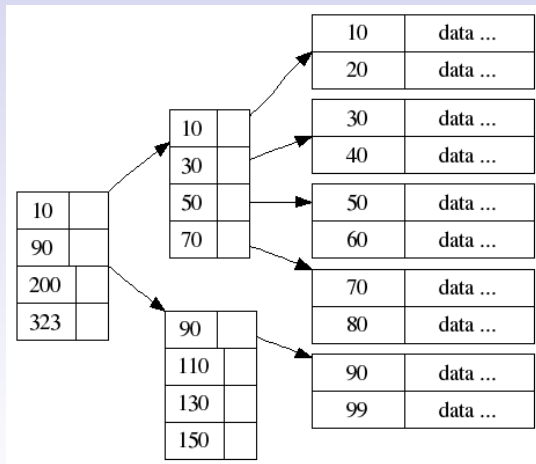
Index druhé úrovně

- index první úrovně obsahuje záznamy
- index pro index
- pouze pro řídké indexy

Index druhé úrovně

- index první úrovně obsahuje záznamy
- index pro index
- pouze pro řídké indexy

Index druhé úrovně



Ukazatele v indexech

- v řídkém indexu ukazují na bloky
 - může být menší
- v hustém indexu ukazují na záznamy

Ukazatele v indexech

- v řídkém indexu ukazují na bloky
 - může být menší
- v hustém indexu ukazují na záznamy
- pro souvislý soubor můžeme vynechat ukazatele a počítat je

Ukazatele v indexech

- v řídkém indexu ukazují na bloky
 - může být menší
- v hustém indexu ukazují na záznamy
- pro souvislý soubor můžeme vynechat ukazatele a počítat je

Ukazatele v indexech

- v řídkém indexu ukazují na bloky
 - může být menší
- v hustém indexu ukazují na záznamy
- pro souvislý soubor můžeme vynechat ukazatele a počítat je

Porovnání řídký/hustý index

řídký

- méně místa → větší část se vejde do paměti
- (lepší pro vkládání)

Porovnání řídký/hustý index

řídký

- méně místa → větší část se vejde do paměti
- (lepší pro vkládání)

hustý

Porovnání řídký/hustý index

řídký

- méně místa → větší část se vejde do paměti
- (lepší pro vkládání)

hustý

- zjištění existence záznamu bez přístupu k hlavnímu souboru

Porovnání řídký/hustý index

řídký

- méně místa → větší část se vejde do paměti
- (lepší pro vkládání)

hustý

- zjištění existence záznamu bez přístupu k hlavnímu souboru
- (potřebný pro sekundární indexy)

Porovnání řídký/hustý index

řídký

- méně místa → větší část se vejde do paměti
- (lepší pro vkládání)

hustý

- zjištění existence záznamu bez přístupu k hlavnímu souboru
- (potřebný pro sekundární indexy)

Porovnání řídký/hustý index

řídký

- méně místa → větší část se vejde do paměti
- (lepší pro vkládání)

hustý

- zjištění existence záznamu bez přístupu k hlavnímu souboru
- (potřebný pro sekundární indexy)

Velikost indexů

Příklad

- Do jednoho bloku se vejde buď 20 záznamů, nebo 100 dvojic (*klíč,ukazatel*).
- Kolik bloků zabere dvouúrovňový index tabulky obsahující 10000 záznamů v případě použití plného indexu na nižší úrovni a řídkého indexu na vyšší úrovni.

Velikost indexů

Příklad

- Do jednoho bloku se vejde buď 20 záznamů, nebo 100 dvojic (*klíč,ukazatel*).
- Kolik bloků zabere dvouúrovňový index tabulky obsahující 10000 záznamů v případě použití plného indexu na nižší úrovni a řídkého indexu na vyšší úrovni.
- velikost vlastních dat: $10000/20 = 500$ bloků

Velikost indexů

Příklad

- Do jednoho bloku se vejde buď 20 záznamů, nebo 100 dvojic (*klíč,ukazatel*).
- Kolik bloků zabere dvouúrovňový index tabulky obsahující 10000 záznamů v případě použití plného indexu na nižší úrovni a řídkého indexu na vyšší úrovni.
- velikost vlastních dat: $10000/20 = 500$ bloků
- 1. úroveň: ukazatel na každý záznam
 $10000/100 = 100$ bloků

Velikost indexů

Příklad

- Do jednoho bloku se vejde buď 20 záznamů, nebo 100 dvojic (*klíč,ukazatel*).
- Kolik bloků zabere dvouúrovňový index tabulky obsahující 10000 záznamů v případě použití plného indexu na nižší úrovni a řídkého indexu na vyšší úrovni.
- velikost vlastních dat: $10000/20 = 500$ bloků
- 1. úroveň: ukazatel na každý záznam
 $10000/100 = 100$ bloků
- 2. úroveň: ukazatel na každý blok 1. úrovně
 $100/100 = 1$ blok

Velikost indexů

Příklad

- Do jednoho bloku se vejde buď 20 záznamů, nebo 100 dvojic (*klíč,ukazatel*).
- Kolik bloků zabere dvouúrovňový index tabulky obsahující 10000 záznamů v případě použití plného indexu na nižší úrovni a řídkého indexu na vyšší úrovni.
- velikost vlastních dat: $10000/20 = 500$ bloků
- 1. úroveň: ukazatel na každý záznam
 $10000/100 = 100$ bloků
- 2. úroveň: ukazatel na každý blok 1. úrovně
 $100/100 = 1$ blok
- celkem: $500 + 100 + 1 = 601$ bloků

Velikost indexů

Příklad

- Do jednoho bloku se vejde buď 20 záznamů, nebo 100 dvojic (*klíč,ukazatel*).
- Kolik bloků zabere dvouúrovňový index tabulky obsahující 10000 záznamů v případě použití plného indexu na nižší úrovni a řídkého indexu na vyšší úrovni.
- velikost vlastních dat: $10000/20 = 500$ bloků
- 1. úroveň: ukazatel na každý záznam
 $10000/100 = 100$ bloků
- 2. úroveň: ukazatel na každý blok 1. úrovně
 $100/100 = 1$ blok
- celkem: $500 + 100 + 1 = 601$ bloků

Velikost indexů

Příklad

- Do jednoho bloku se vejde buď 20 záznamů, nebo 100 dvojic (*klíč,ukazatel*).
- Kolik bloků zabere dvouúrovňový index tabulky obsahující 10000 záznamů v případě použití plného indexu na nižší úrovni a řídkého indexu na vyšší úrovni.
- velikost vlastních dat: $10000/20 = 500$ bloků
- 1. úroveň: ukazatel na každý záznam
 $10000/100 = 100$ bloků
- 2. úroveň: ukazatel na každý blok 1. úrovně
 $100/100 = 1$ blok
- celkem: $500 + 100 + 1 = 601$ bloků

Terminologie

index-sekvenční soubor index sequential file

vyhledávací klíč search key

primární index primary index

Terminologie

index-sekvenční soubor index sequential file

vyhledávací klíč search key

primární index primary index

sekundární index secondary index

Terminologie

index-sekvenční soubor index sequential file

vyhledávací klíč search key

primární index primary index

sekundární index secondary index

víceúrovňový index multi-level index

Terminologie

index-sekvenční soubor index sequential file

vyhledávací klíč search key

primární index primary index

sekundární index secondary index

víceúrovňový index multi-level index

Terminologie

index-sekvenční soubor index sequential file

vyhledávací klíč search key

primární index primary index

sekundární index secondary index

víceúrovňový index multi-level index

Duplicitní klíče

hustý index

- opakujeme hodnoty
- každá hodnota jen jednou

Duplicitní klíče

hustý index

- opakujeme hodnoty
- každá hodnota jen jednou
- pro sekvenční soubor

Duplicitní klíče

hustý index

- opakujeme hodnoty
- každá hodnota jen jednou
- pro sekvenční soubor

řídký index

Duplicitní klíče

hustý index

- opakujeme hodnoty
- každá hodnota jen jednou
- pro sekvenční soubor

řádký index

- první hodnota v bloku

Duplicitní klíče

hustý index

- opakujeme hodnoty
- každá hodnota jen jednou
- pro sekvenční soubor

řádký index

- první hodnota v bloku
 - složitější vyhledávání

Duplicitní klíče

hustý index

- opakujeme hodnoty
- každá hodnota jen jednou
- pro sekvenční soubor

řádký index

- první hodnota v bloku
 - složitější vyhledávání
- první nová hodnota v bloku

Duplicitní klíče

hustý index

- opakujeme hodnoty
- každá hodnota jen jednou
- pro sekvenční soubor

řádký index

- první hodnota v bloku
 - složitější vyhledávání
- první nová hodnota v bloku

Duplicitní klíče

hustý index

- opakujeme hodnoty
- každá hodnota jen jednou
- pro sekvenční soubor

řídový index

- první hodnota v bloku
 - složitější vyhledávání
- první nová hodnota v bloku

Sekundární indexy

- **nemáme sekvenční soubor**
- řídký nepoužitelný
- řídký pro další úrovně

Sekundární indexy

- nemáme sekvenční soubor
- řídký nepoužitelný
- řídký pro další úroveň
- ukazatele přímo na záznamy (ne bloky)

Sekundární indexy

- nemáme sekvenční soubor
- řídký nepoužitelný
- řídký pro další úrovně
- ukazatele přímo na záznamy (ne bloky)

Sekundární indexy

- nemáme sekvenční soubor
- řídký nepoužitelný
- řídký pro další úrovně
- ukazatele přímo na záznamy (ne bloky)

Duplicitní hodnoty ve víceúrovňových indexech

- opakujeme hodnoty (nevýhodné)
- opakujeme pouze ukazatele
- záznamy různé délky

Duplicitní hodnoty ve víceúrovňových indexech

- opakujeme hodnoty (nevýhodné)
- opakujeme pouze ukazatele
- záznamy různé délky
- zřetězení záznamů

Duplicitní hodnoty ve víceúrovňových indexech

- opakujeme hodnoty (nevýhodné)
- opakujeme pouze ukazatele
- záznamy různé délky
- zřetězení záznamů
- skupiny (buckets) ukazatelů

Duplicitní hodnoty ve víceúrovňových indexech

- opakujeme hodnoty (nevýhodné)
- opakujeme pouze ukazatele
- záznamy různé délky
- zřetězení záznamů
- skupiny (buckets) ukazatelů
- + hustý index bez opakování hodnot

Duplicitní hodnoty ve víceúrovňových indexech

- opakujeme hodnoty (nevýhodné)
- opakujeme pouze ukazatele
- záznamy různé délky
- zřetězení záznamů
- skupiny (buckets) ukazatelů
- + hustý index bez opakování hodnot
- výhodné zejména při dotazech na dva atributy

Duplicitní hodnoty ve víceúrovňových indexech

- opakujeme hodnoty (nevýhodné)
- opakujeme pouze ukazatele
- záznamy různé délky
- zřetězení záznamů
- skupiny (buckets) ukazatelů
- + hustý index bez opakování hodnot
- výhodné zejména při dotazech na dva atributy

Duplicitní hodnoty ve víceúrovňových indexech

- opakujeme hodnoty (nevýhodné)
- opakujeme pouze ukazatele
- záznamy různé délky
- zřetězení záznamů
- skupiny (buckets) ukazatelů
- + hustý index bez opakování hodnot
- výhodné zejména při dotazech na dva atributy

Information retrieval

- vyhledávání informací
- invertované seznamy
- stoplist

Information retrieval

- vyhledávání informací
- invertované seznamy
- stoplist
- thesaurus

Information retrieval

- vyhledávání informací
- invertované seznamy
- stoplist
- thesaurus
- plné texty / abstrakty

Information retrieval

- vyhledávání informací
- invertované seznamy
- stoplist
- thesaurus
- plné texty / abstrakty
- vektorový model

Information retrieval

- vyhledávání informací
- invertované seznamy
- stoplist
- thesaurus
- plné texty / abstrakty
- vektorový model

Information retrieval

- vyhledávání informací
- invertované seznamy
- stoplist
- thesaurus
- plné texty / abstrakty
- vektorový model

Konvenční indexy

- + jednoduché
- + index je sekvenční soubor
- - drahé vkládání a mazání

Konvenční indexy

- + jednoduché
- + index je sekvenční soubor
- - drahé vkládání a mazání
- - ztráta sekvenčnosti a vyváženosti

Konvenční indexy

- + jednoduché
- + index je sekvenční soubor
- - drahé vkládání a mazání
- - ztráta sekvenčnosti a vyváženosti

Konvenční indexy

- + jednoduché
- + index je sekvenční soubor
- - drahé vkládání a mazání
- - ztráta sekvenčnosti a vyváženosti

B-stromy

- vzdáme se sekvenčnosti
- snažíme se o vyváženost
- B+, B-, B*, ...

B-stromy

- vzdáme se sekvenčnosti
- snažíme se o vyváženost
- B+, B-, B*, ...

B-stromy

- vzdáme se sekvenčnosti
- snažíme se o vyváženost
- B+, B-, B*, ...

B+stromy

uzel seznam klíčů a odpovídajících ukazatelů na další uzly

listový uzel ukazatele na záznamy

velikost uzlu $n+1$ ukazatelů
 n klíčů

B+stromy

uzel seznam klíčů a odpovídajících ukazatelů na další uzly

listový uzel ukazatele na záznamy

velikost uzlu $n+1$ ukazatelů
 n klíčů

prázdné uzly jsou zakázány minimálně $(n+1)/2$ ukazatelů

B+stromy

uzel seznam klíčů a odpovídajících ukazatelů na další uzly

listový uzel ukazatele na záznamy

velikost uzlu $n+1$ ukazatelů
 n klíčů

prázdné uzly jsou zakázány minimálně $(n+1)/2$ ukazatelů
vyvážený strom všechny listy na stejné úrovni

B+stromy

uzel seznam klíčů a odpovídajících ukazatelů na další uzly

listový uzel ukazatele na záznamy

velikost uzlu $n+1$ ukazatelů
 n klíčů

prázdné uzly jsou zakázány minimálně $(n+1)/2$ ukazatelů

vyvážený strom všechny listy na stejné úrovni

B+stromy

uzel seznam klíčů a odpovídajících ukazatelů na další uzly

listový uzel ukazatele na záznamy

velikost uzlu $n+1$ ukazatelů
 n klíčů

prázdné uzly jsou zakázány minimálně $(n+1)/2$ ukazatelů

vyvážený strom všechny listy na stejné úrovni

Vkládání do B+stromu



Mazání z B+stromu

- příliš prázdný uzel spojujeme (nebo přeskupíme) se sousedy
- praxe
 - spojování není implementováno

Mazání z B+stromu

- příliš prázdný uzel spojujeme (nebo přeskupíme) se sousedy
- praxe
 - spojování není implementováno
 - drahé a nevyplatí se

Mazání z B+stromu

- příliš prázdný uzel spojujeme (nebo přeskupíme) se sousedy
- praxe
 - spojování není implementováno
 - drahé a nevyplatí se

Mazání z B+stromu

- příliš prázdný uzel spojujeme (nebo přeskupíme) se sousedy
- praxe
 - spojování není implementováno
 - drahé a nevyplatí se

Porovnání B-stromy / index-sekvenční soubory

■ index-sekv.

- menší hloubka
- při větším množství vkládání a mazání jsme ušetřili dost na reorganizaci

Porovnání B-stromy / index-sekvenční soubory

- index-sekv.
 - menší hloubka
 - při větším množství vkládání a mazání jsme ušetřili dost na reorganizaci
 - ALE: nevíme, kdy dělat reorganizaci

Porovnání B-stromy / index-sekvenční soubory

- index-sekv.
 - menší hloubka
 - při větším množství vkládání a mazání jsme ušetřili dost na reorganizaci
 - ALE: nevíme, kdy dělat reorganizaci
- použití vyr. paměti

Porovnání B-stromy / index-sekvenční soubory

- index-sekv.
 - menší hloubka
 - při větším množství vkládání a mazání jsme ušetřili dost na reorganizaci
 - ALE: nevíme, kdy dělat reorganizaci
- použití vyr. paměti
 - B-stromy
pevné nároky

Porovnání B-stromy / index-sekvenční soubory

- index-sekv.
 - menší hloubka
 - při větším množství vkládání a mazání jsme ušetřili dost na reorganizaci
 - ALE: nevíme, kdy dělat reorganizaci
- použití vyr. paměti
 - B-stromy
 - pevné nároky
 - index-sekv.

Porovnání B-stromy / index-sekvenční soubory

- index-sekv.
 - menší hloubka
 - při větším množství vkládání a mazání jsme ušetřili dost na reorganizaci
 - ALE: nevíme, kdy dělat reorganizaci
- použití vyr. paměti
 - B-stromy
pevné nároky
 - index-sekv.
 - potřebují více

Porovnání B-stromy / index-sekvenční soubory

- index-sekv.
 - menší hloubka
 - při větším množství vkládání a mazání jsme ušetřili dost na reorganizaci
 - ALE: nevíme, kdy dělat reorganizaci
- použití vyr. paměti
 - B-stromy
pevné nároky
 - index-sekv.
 - potřebují více
- B-stromy lepší

Porovnání B-stromy / index-sekvenční soubory

- index-sekv.
 - menší hloubka
 - při větším množství vkládání a mazání jsme ušetřili dost na reorganizaci
 - ALE: nevíme, kdy dělat reorganizaci
- použití vyr. paměti
 - B-stromy
pevné nároky
 - index-sekv.
 - potřebují více
- B-stromy lepší

Porovnání B-stromy / index-sekvenční soubory

- index-sekv.
 - menší hloubka
 - při větším množství vkládání a mazání jsme ušetřili dost na reorganizaci
 - ALE: nevíme, kdy dělat reorganizaci
- použití vyr. paměti
 - B-stromy
pevné nároky
 - index-sekv.
 - potřebují více
- B-stromy lepší

B+stromy

- Jak velké má být n ?
- několik set

B+stromy

- Jak velké má být n ?
- několik set

B-strom (bez +)

- vypustíme duplicitní klíče
- ukazatele na záznamy i v nelistových uzlech
- + rychlejší vyhledávání

B-strom (bez +)

- vypustíme duplicitní klíče
- ukazatele na záznamy i v nelistových uzlech
- + rychlejší vyhledávání
- - různé velikosti uzlů (list/nelist)

B-strom (bez +)

- vypustíme duplicitní klíče
- ukazatele na záznamy i v nelistových uzlech
- + rychlejší vyhledávání
- - různé velikosti uzlů (list/nelist)
- - mazání komplikovanější

B-strom (bez +)

- vypustíme duplicitní klíče
- ukazatele na záznamy i v nelistových uzlech
- + rychlejší vyhledávání
- - různé velikosti uzlů (list/nelist)
- - mazání komplikovanější
- - pro bloky pevné délky je vyhledávání pomalejší

B-strom (bez +)

- vypustíme duplicitní klíče
- ukazatele na záznamy i v nelistových uzlech
- + rychlejší vyhledávání
- - různé velikosti uzlů (list/nelist)
- - mazání komplikovanější
- - pro bloky pevné délky je vyhledávání pomalejší

B-strom (bez +)

- vypustíme duplicitní klíče
- ukazatele na záznamy i v nelistových uzlech
- + rychlejší vyhledávání
- - různé velikosti uzlů (list/nelist)
- - mazání komplikovanější
- - pro bloky pevné délky je vyhledávání pomalejší